



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**PROPOSTA DE PROTÓTIPO ELETRÔNICO PARA
MONITORAMENTO E CONTROLE DE POPs DE ISPs**

Vicenzo Baldasso

Lajeado/RS, junho de 2021

Vicenzo Baldasso

PROPOSTA DE PROTÓTIPO ELETRÔNICO PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DE POPs DE ISPs

Projeto de Monografia apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia de Controle e Automação, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Me. Anderson Antônio Giacomolli

Lajeado/RS, junho de 2021

RESUMO

De acordo com um estudo realizado em 2017 pela Gartner, estima-se que aproximadamente 100 bilhões de objetos inteligentes irão estar conectados à *internet*, até 2025. Esta crescente demanda de conexão à *internet*, estimula a expansão de redes e serviços de ISPs, assim como também, a responsabilidade de ofertar serviços com alta disponibilidade. Através de protocolos de rede TCP/IP, como o SNMP, o NOC do ISP realiza o monitoramento e gerência de ativos em seus POPs. Essa atividade contribui para o funcionamento contínuo dos ativos, visto que, muitas vezes os ativos estão dispostos em POPs localizados em regiões de difícil acesso. Contudo, a falha em equipamentos específicos no POP, além de causar a indisponibilidade do serviço prestado para os assinantes, também pode causar a perda total de comunicação/gerência com o NOC do ISP. O presente trabalho objetiva o desenvolvimento de um protótipo eletrônico para ser aplicado como ferramenta auxiliar no monitoramento e controle de POPs de ISPs, com propósito de incrementar a habilidade de análise remota do NOC, assim como de intervir com ações na tratativa de incidentes, de forma a contribuir para o funcionamento contínuo das instalações. Para atingir os objetivos propostos, foram realizadas etapas construtivas de um sistema embarcado que compuseram o protótipo e testes de validação em ambiente controlado. Ao final do trabalho, conclui-se que a ferramenta desenvolvida tende a contribuir para o funcionamento contínuo de POPs de ISPs.

Palavras-chave: POP. Monitoramento. SNMP. Indisponibilidade. Protótipo.

ABSTRACT

According to a study carried out in 2017 by Gartner, it is estimated that approximately 100 billion smart objects will be connected to the internet by 2025. This growing demand for internet connection encourages the expansion of ISP networks and services, as well as also, the responsibility to offer services with high availability. Through TCP/IP network protocols, such as SNMP, the ISP's NOC performs the monitoring and management of assets in its POPs. This activity contributes to the continuous functioning of assets, as the assets are often arranged in POPs located in regions with difficult access. However, the failure of specific equipment in the POP, in addition to causing the unavailability of the service provided to subscribers, can also cause the total loss of communication/management with the ISP's NOC. The present work aims to develop an electronic prototype to be applied as an auxiliary tool in the monitoring and control of ISP SOPs, with the purpose of increasing the ability of remote analysis of the NOC, as well as intervening with actions in the handling of incidents, in a way contributing to the continued operation of the facilities. To achieve the proposed objectives, constructive steps of an embedded system were carried out, which composed the prototype and validation tests in a controlled environment. At the end of the work, it is concluded that the developed tool tends to contribute to the continuous operation of ISP POPs.

Keywords: POP. Monitoring. SNMP. Unavailability. Prototype.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Funções das camadas TCP/IP.....	08
Quadro 2 - Versões do SNMP.....	10
Quadro 3 - Tipos de PDU.....	11
Quadro 4 - Campos do PDU.....	12
Quadro 5 - Recursos de <i>Hardware</i> das placas Arduino Uno e ESP32 DevKit.....	21
Quadro 6 - Algumas placas de expansão de <i>hardware</i>	22
Quadro 7 - Sintaxe de comandos e respostas SMS.....	33
Quadro 8 - Sensores e suas características.....	43
Quadro 9 - Características mínimas dos interruptores.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - POP de baixa complexidade, localizado em regiões remotas.....	06
Figura 2 - Camadas dos modelos OSI e TCP/IP.....	07
Figura 3 - Monitoramento de ativos.....	09
Figura 4 - Formato da mensagem SNMP.....	12
Figura 5 - Formato da PDU SNMP.....	12
Figura 6 - MIB padrão SNMP.....	13
Figura 7 - The Dude.....	14
Figura 8 - Cenário, cliente/servidor web.....	15
Figura 9 - Algumas formas de energia em um sensor.....	16
Figura 10 - Variação de grandeza física de um sensor analógico.....	17
Figura 11 - Leitura de um objeto por <i>encoder incremental</i>	18
Figura 12 - Plataforma Arduino Uno e Esp32.....	20
Figura 13 - Cenário proposto para a aplicação do projeto.....	27
Figura 14 - Processamento e gerência.....	28
Figura 15 - Coleta de dados do ambiente e equipamentos.....	28
Figura 16 - Principal forma de envio de dados.....	29
Figura 17 - Envio de SMS através de interface GSM.....	29
Figura 18 - Acionamento de cargas via mensagens SMS.....	30
Figura 19 - Acionamento de cargas via navegador web.....	30
Figura 20 - Comunicação web com o dispositivo.....	31
Figura 21 - Componentes da MIB.....	32
Figura 22 - Tela de autenticação do administrador.....	34

Figura 23 - Tela de gerenciamento.....	35
Figura 24 - Tarefa principal.....	36
Figura 25 - Funcionamento da tarefa gerência de memória.....	37
Figura 26 - Execução de aplicações no sistema.....	38
Figura 27- Tarefa servidor web.....	39
Figura 28 - Tarefa SMS.....	40
Figura 29 - Tarefa SNMP.....	41
Figura 30 - Tarefa sensores.....	42
Figura 31 - Acionamentos de cargas por interruptores.....	44
Figura 32 - Placa desenvolvida utilizada como protótipo.....	47
Figura 33 - Diagrama de conexões externas do protótipo.....	49
Figura 34 - Varredura da MIB.....	50
Figura 35 - Coleta SNMP dos dados de tensão alternada via The Dude.....	51
Figura 36 - Aferimento de tensão CA pelo Multímetro.....	52
Figura 37 - Coleta SNMP de dados de corrente CA via The Dude.....	53
Figura 38 - Aferimento do consumo de corrente pelo Multímetro.....	53
Figura 39 - Coleta SNMP de tensão contínua via The Dude.....	54
Figura 40 - Aferimento de tensão contínua pelo Multímetro.....	55
Figura 41 - Coleta SNMP de corrente contínua via The Dude.....	56
Figura 42 - Aferimento de corrente contínua pelo Multímetro.....	57
Figura 43 - Coleta SNMP de temperatura via The Dude.....	58
Figura 44 - Coleta SNMP de umidade relativa via The Dude,.....	58
Figura 45 - Interação via mensagens SMS com o protótipo.....	60
Figura 46 - Interface Web de login obrigatório.....	61
Figura 47 - Interfaces Web de interação com protótipo, desktop e mobile.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.2 Estrutura	4

2 REVISÃO TEÓRICA 5

2.1 POP	5
2.2 TCP/IP	6
2.3 SNMP	8
2.4 Servidor <i>Web</i>	14
2.5 Sensores e Transdutores.....	16
2.5.1 Sensores analógicos.....	17
2.6 Atuadores	18
2.7 Sistemas embarcados	18

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 26

3.1 Visão geral do cenário e do projeto	26
3.2 Especificidades do projeto	31

3.2.3 <i>Hardware</i>	42
3.2.3.1 Sensores.....	43
3.2.3.2 Atuador	44
3.2.3.3 Microcontrolador	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 <i>Hardware e Firmware</i>	46
4.2 Validação e testes	48
4.2.1 Configurações e Implementação	48
4.2.2 Coleta de dados via The Dude	49
4.2.2.1 Dados de tensão do barramento CA.....	51
4.2.2.2 Dados de corrente alternada	52
4.2.2.3 Dados de tensão contínua	54
4.2.2.4 Dados de corrente contínua.....	55
4.2.2.5 Temperatura e Umidade	57
4.2.3 Mensagens SMS	59
4.2.4 Interface Web	60
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Diariamente, o mercado apresenta novos serviços e produtos inteligentes que podem ser monitorados e manipulados via rede internet, como geladeiras inteligentes, sistemas de segurança (alarmes e câmeras). De acordo com um estudo realizado em 2017 pela Gartner, estima-se que aproximadamente 100 bilhões de objetos inteligentes irão estar conectados à internet, até 2025 (GARTNER, 2017).

O índice MCC-ENET revelou em junho de 2020, que o mercado brasileiro obteve um crescimento de 137,35% em vendas online através dos serviços de e-commerce. Dados como estes, expõem cada vez mais a necessidade de usuários e máquinas de dispor de conexões seguras, sem falhas e disponíveis de internet (MCC-ENET, 2020).

De acordo o site Odata (2020), a crescente demanda no tráfego de dados na internet estimula o aumento da capacidade, expansão das redes e dos serviços prestados por empresas de telecomunicações. Em 2017, a demanda de internet atingiu o tráfego de 100 exabytes ao mês e, para 2022, prevê-se o aumento do tráfego para 333 exabytes ao mês, segundo um estudo realizado pela Statista (CLEMENT, 2020).

No Brasil, com foco na demanda, as grandes operadoras de telecomunicações direcionaram suas operações para os grandes centros urbanos. Sendo assim, parte da população, principalmente habitantes de regiões afastadas, vivem sem acesso à internet ou com conexões limitadas. Os provedores de internet ou do inglês *Internet Service Provider* (ISP), foram os primeiros que se aventuraram nestas regiões, ofertando serviços de conexão à internet (BAGUETE, 2019).

Para aumentar o número de assinantes e oferecer um serviço com desempenho, os ISPs montam pequenas instalações remotas, conhecidas como pontos de presença ou do inglês *Point Of Presence* (POP) (ODATA, 2020).

Segundo o site Tecex (2020), os POPs abrigam sistemas computacionais que gerenciam o acesso local dos assinantes ou até mesmo podem ser utilizados pelos provedores como um ponto de troca de tráfego entre outros POPs, formando redes dependentes uma das outras. Essas instalações remotas hospedam equipamentos que variam entre roteadores, *switches*, rádios, fonte, baterias e outros equipamentos que são alocados de acordo com a complexidade do POP.

Embora seja seguido os padrões de instalação e orientação dos fabricantes, os equipamentos de telecomunicações que ficam alocados em pequenos POPs localizados em regiões rurais, estão mais suscetíveis a falhas que podem estar relacionadas a intempéries, como por exemplo o travamento de seus sistemas.

Segundo O'Connor (2002), experiências evidenciam que a falha de sistemas eletrônicos está relacionada ao ambiente de uso em que se encontram. Variações ambientais como vibrações, temperatura, umidade, oscilações no fornecimento de energia, choques mecânicos e outros tipos de variação, afetam o funcionamento dos componentes eletrônicos.

Para Salfner *et al* (2006), o *software* é o causador da maior parte das falhas em sistemas computacionais. De acordo com Candea *et al* (2003), o motivo de inatividade nos sistemas computacionais se alterou substancialmente de *hardware* para *software*.

O colapso de um sistema operacional de um equipamento pode estar tanto associado ao somatório de processos errôneos internos do sistema, quanto a falhas de hardware, que podem estar associadas à fatores externos. Em alguns casos, a única solução imediata - porém não definitiva - para fazer com que o sistema se recupere de um erro catastrófico, é através da reinicialização forçada pelo corte de energia. Ao remover e reconectar a alimentação destes equipamentos, a limpeza dos registros temporários é forçada, de modo que os dados de processos errôneos são descartados da memória, possivelmente solucionando o comportamento errático do sistema (GORDON, 2020).

A falha em equipamentos específicos no POP, além de causar a indisponibilidade do serviço prestado para os assinantes, também pode causar a perda total de comunicação com o Centro de Operações de Rede ou do inglês *Network Operation Center* (NOC) do ISP. De acordo com Kurose e Ross (2010), o NOC realiza a gerência e monitoramento da rede através de uma entidade gerenciadora.

Usualmente, as entidades gerenciadoras utilizam para o gerenciamento e monitoramento de equipamentos de rede, o protocolo *Simple Network Management Protocol* (SNMP), que é um protocolo padrão de redes *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) (DIAS, 2001). Segundo Fachini (2010), o monitoramento da infraestrutura computacional é uma atividade que contribui para o funcionamento contínuo dos serviços ofertados.

Nos casos em que a indisponibilidade afeta tanto o serviço prestado quanto a gerência e monitoramento do POP, um técnico de campo precisa ser deslocado até o local do incidente, de modo que, o tempo de indisponibilidade pode ser incrementado, quando a origem da falha se encontra em regiões mais remotas ou de difícil acesso.

A interrupção do serviço, seja por qualquer motivo, afeta diretamente a satisfação do assinante, podendo ocasionar consequências negativas para a empresa, como encerramentos de contratos e prejuízos financeiros. O artigo 20 da Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, do Código de Defesa do Consumidor (CDC), determina que após 30 minutos do conhecimento do ISP sobre a ausência do serviço informado pelo assinante, o cliente tem o direito de ser ressarcido com valor equivalente ao tempo de indisponibilidade do serviço.

De acordo com dados da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), referentes ao fechamento de março de 2020, o grupo formado por ISPs de pequeno porte - com mais de 11.000 provedores - lideram com 30,9% o mercado brasileiro de internet fixa, em comparação com as grandes operadoras de telecomunicações do país. Dados como estes apontam que o mercado dos provedores de pequeno porte, além de competirem com grandes operadoras, ainda disputam fatias de mercado regionais (ANATEL, 2020).

Para um provedor se manter no mercado atual, a disponibilidade do serviço e agilidade na resolução e prevenção de incidentes, são requisitos que promovem a fidelização do cliente. Sendo assim, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo eletrônico, com o propósito de contribuir na resolução de potenciais problemas em POPs de ISPs de pequeno porte.

A proposta do dispositivo eletrônico, através da sua instalação em POPs, tem a finalidade de realizar, de forma totalmente remota e redundante, tanto a coleta e o envio de dados das condições físicas de operação de um POP, quanto o controle do seu fornecimento de energia. Com isso, o dispositivo pretende (em alguns casos), evitar o deslocamento desnecessário de técnicos e diminuir o tempo de indisponibilidade do serviço do ISP, visto que muitos de seus POPs são localizados em áreas rurais ou de difícil acesso.

O desenvolvimento dessa solução foi dividido em quatro processos. Em um primeiro momento, com base na proposta do trabalho, foi feita a escolha de componentes baseados nos requisitos do projeto. Após realizada a definição dos componentes, foi realizado a montagem e a construção de uma placa eletrônica, contendo os componentes escolhidos anteriormente que realizam funções específicas previstas no projeto. Montada a placa, foi desenvolvido o firmware do protótipo, que embarca todas as instruções lógicas necessárias para funcionamento da placa e das aplicações propostas. Após a execução das etapas construtivas do protótipo, a fim de validar suas funcionalidades propostas, foram realizados simulações e testes em ambiente controlado, analisando principalmente seus meios de comunicação e integridade dos dados coletados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo eletrônico com dupla abordagem de comunicação, capaz de realizar de forma remota, tanto a coleta e o envio de dados das condições físicas de operação de um POP, quanto o controle do fornecimento de energia de cargas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar e desenvolver uma placa eletrônica, que possibilite de forma remota, o acionamento de dois relés e a coleta de dados de sensores digitais e analógicos.
- Implementar na placa eletrônica, sensores de corrente (CA e CC), sensores de tensão (CA e CC), sensor de temperatura e sensor de umidade.
- Incorporar ao equipamento eletrônico interfaces Ethernet e GSM para monitoramento e envio de dados via protocolo SNMP e mensagens SMS.
- Elaborar uma interface *web* para configuração do dispositivo eletrônico.

1.2 Estrutura

A estruturação deste trabalho está dividida em 5 capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução sobre a demanda dos serviços de internet e a necessidade de evitar a indisponibilidade dos serviços dos ISPs. No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico, que auxiliou na construção do trabalho ao definir os componentes e os protocolos de comunicação para realização do protótipo. Os principais tópicos trabalhados são os protocolos de comunicação, sistema de monitoramento, sistemas embarcados e componentes de hardware. No terceiro capítulo é abordado a metodologia, que apresenta o cenário de aplicação da proposta, a definição do projeto e de como ele será desenvolvido. O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões do desenvolvimento do protótipo, que incluem as suas etapas construtivas, simulações e testes de validação, enquanto o quinto capítulo está destinado as considerações finais, bem como as sugestões para trabalhos futuros na área.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 POP

De acordo com o site Tecex (2020), *Point of Presence* (POP) é um ponto de acesso ou local em que duas redes ou mais compartilham uma conexão. Normalmente, um POP é um local que hospeda o sistema de comutação ou nó de instalação de um cliente de acesso.

Ainda segundo o site, os POPs podem variar em complexidade e podem abrigar diferentes equipamentos como modems, servidores, firewalls, rádios, roteadores e switches. Tecnicamente, consiste em sistemas computacionais ou equipamentos e na infraestrutura de telecomunicações que permite aos usuários da Internet, provedores de nuvem, provedores de serviços e empresas conectar-se à Internet através de seu ISP.

Em regiões mais remotas, onde as grandes operadoras de internet ainda não chegaram, ISPs regionais de pequeno porte expandem suas redes com instalações de pequenos POPs para ofertar o serviço de acesso à internet. Desta forma, os ISPs conseguem que redes menores a quilômetros de distância, como em regiões rurais, conectem-se com eficácia ao ponto central da operação.

Figura 1 – POP de baixa complexidade, localizado em regiões remotas.



Fonte: Do autor (2020).

2.2 TCP/IP

O *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores em rede. Seu nome deriva dos protocolos: *Transmission Control Protocol* (TCP), ou em português, Protocolo de Controle da Transmissão e *Internet Protocol* (IP) em português chamado de Protocolo de Internet (TORRES, 2001, p. 65).

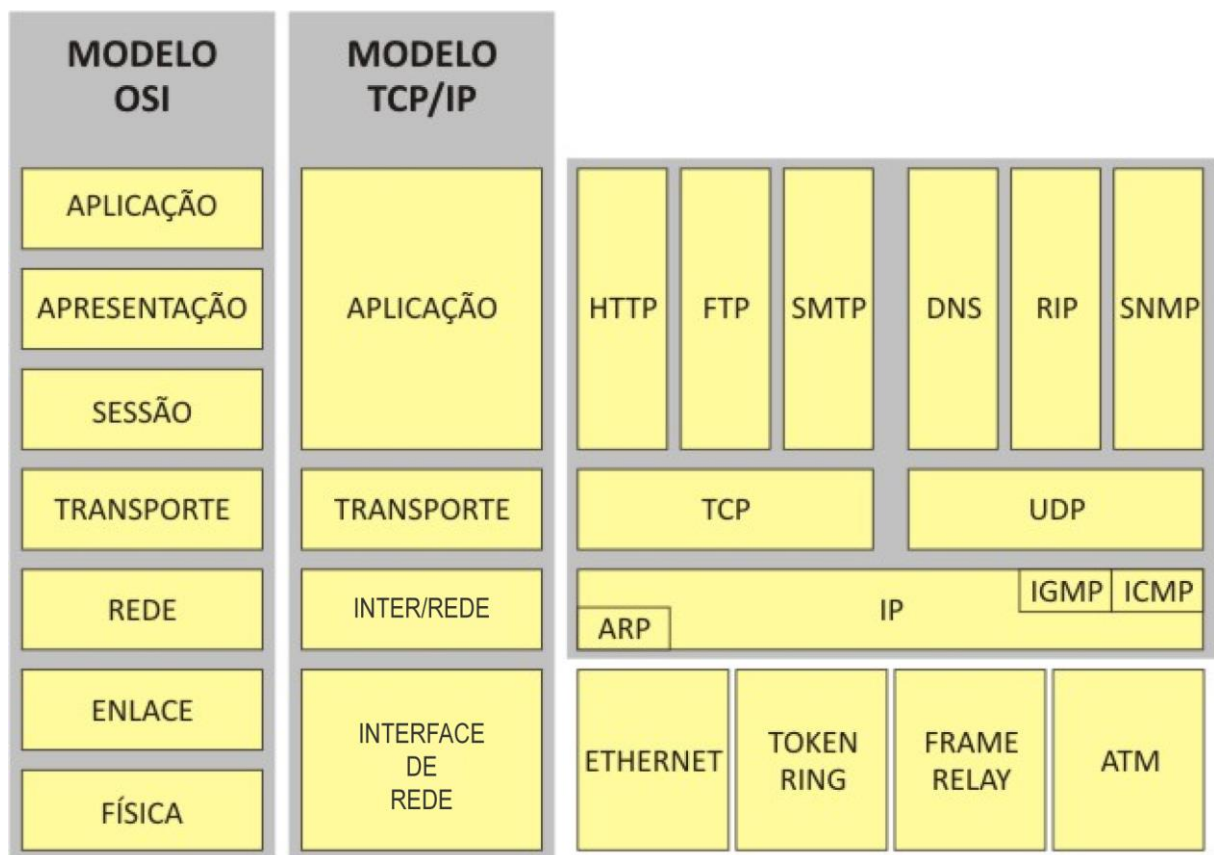
Segundo Stevens (1993) o TCP/IP é na verdade um conjunto de protocolos que permite que computadores de todos os tamanhos, de diferentes fabricantes rodando sistemas operacionais totalmente diferentes, comuniquem-se entre si. Conforme Tanenbaum (2003), para reduzir a complexidade no projeto de protocolos de rede, os projetistas organizam os protocolos em camadas compreendidas a nível de hardware

e software. Estas camadas são postas umas sobre as outras, de forma que interagem apenas com níveis imediatamente acima e abaixo das mesmas. Os protocolos facilitam a comunicação entre camadas seguindo regras e convenções já determinadas.

A arquitetura do conjunto ou pilha de protocolos TCP/IP é estruturada em camadas de acordo com o modelo *Open System Interconnection* (OSI), desenvolvida pela International Standards Organization (ISO). Este modelo trata da interconexão de sistemas abertos à comunicação com outros sistemas (TANENBAUM, 2003).

A Figura 2 relaciona as sete camadas do modelo OSI com as quatro camadas do modelo TCP/IP. Algumas camadas do modelo OSI possuem suas funções em uma única camada no modelo TCP/IP. Através da Figura 2, também é possível verificar alguns protocolos presentes da pilha TCP/IP.

Figura 2 – Camadas dos modelos OSI e TCP/IP.



Fonte: Reis (2017).

O Quadro 1 apresenta as funções das camadas TCP/IP elaboradas com base na obra de Tanenbaum (1997).

Quadro 1 – Funções das camadas TCP/IP

Modelo TCP/IP	
Camada de Aplicação	Esta é a camada de maior nível de abstração. Reúne os protocolos que fornecem serviços de comunicação ao sistema ou ao usuário. Os serviços definidos utilizam a arquitetura de distribuição cliente-servidor. São exemplos de protocolos dessa camada: o <i>Hypertext Transport Protocol</i> (HTTP), <i>Simple Network Management Protocol</i> (SNMP).
Camada de Transporte	Esta camada reúne os protocolos responsáveis pelo transporte de dados: o <i>User Datagram Protocol</i> (UDP) e <i>Transmission Control Protocol</i> (TCP).
Camada de Inter-redes	Camada em que o protocolo <i>Internet Protocol</i> (IP) se encontra. É o protocolo responsável pelo roteamento e controle de congestionamento (operação de sub-rede) e a entrega dos pacotes a qualquer destino independente da tecnologia de transmissão utilizada.
Camada de Acesso à rede	Camada responsável pela transmissão simples de bits sobre um canal de comunicação. Camada de interface com os diversos tipos de redes sejam estas locais (FDDI, <i>Ethernet</i> , <i>Token Ring</i> , <i>Frame Relay</i> , PPP e <i>SLIP</i>) ou de longa distância (HDLC, X.25, ATM).

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Tanenbaum (1997).

2.3 SNMP

2.3.1 Conceitos

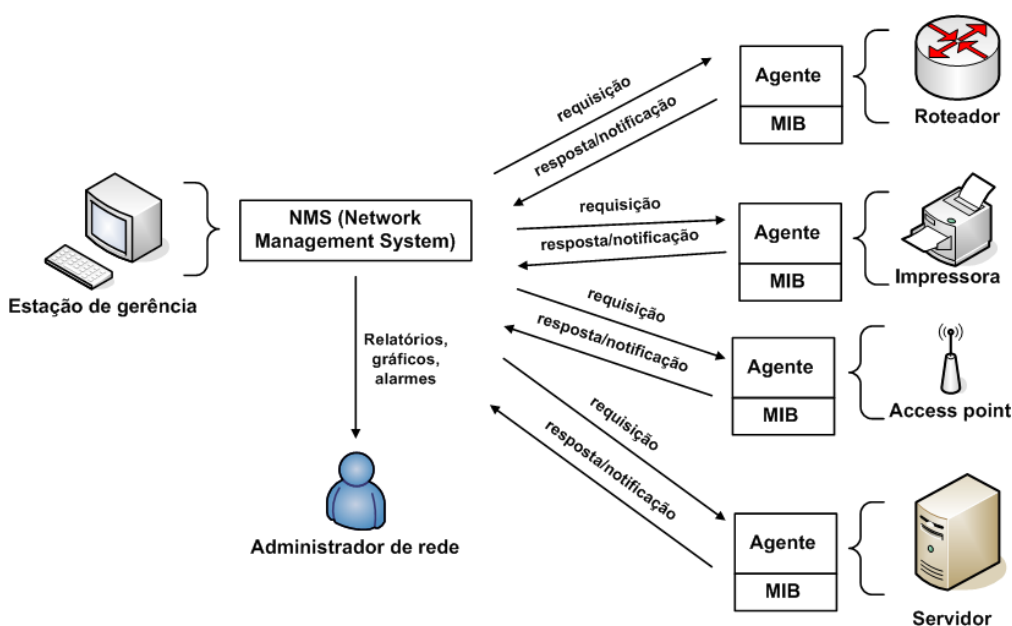
Em 1988 o protocolo SNMP foi desenvolvido como o protocolo padrão de gerenciamento de dispositivos IP (MAURO; SCHIMIDT, 2001). Conforme Alcântara,

Fresse e Rousseau (2014), o SNMP é um protocolo de gerência e monitoramento típico da camada de aplicação de redes TCP/IP.

RFC (*Request for Comments*) são documentos técnicos elaborados pelo o IETF (*Internet Engineering Task Force*), instituição que especifica a implementação de padrões utilizados na internet. Os RFCs publicados especificam as estruturas e características dos protocolos. A primeira versão do protocolo SNMP está definida no RFC 1157 (INTERNET ENGINEERING TASK FORCE, 2006).

Segundo Mauro e Schimidt (2001), a gerência SNMP compreende diversos ativos de rede, como roteadores, *switches*, servidores, *no-breaks* e *softwares* como servidores de banco de dados.

Figura 3 - Monitoramento de ativos



Fonte: Zarpelão (2012).

De acordo com Carvalho (1993), o SNMP objetiva a troca de informações entre o gerente e o agente no que se refere aos objetos gerenciados no ativo monitorado.

O gerente SNMP é um processo de *software* executado em uma entidade gerenciadora ou NMS (*Network Management System*). O agente SNMP também é um processo de *software*, porém, é executado nos dispositivos gerenciados com o propósito de receber requisições, executar ações e responder às solicitações do gerente (KUROSE; ROSS, 2005).

Os módulos de bases de informações de gerenciamento, ou módulos MIB (*Management Information Base*), determinam quais informações dos dispositivos

gerenciados podem ser administradas entre gerentes e agentes. Esses módulos são definidos conforme a SMI (*Structure Management Information*). (ROSE; MCCLOGHRIE, 1990). De forma simplificada, segundo Alcântara, Fresse e Rousseau (2014), a MIB define a estrutura dos dados de gerenciamento de um dispositivo.

De acordo com o RFC 1157, o protocolo SNMP troca mensagens entre gerenciadores e agentes através do protocolo de transporte UDP. Por padrão o SNMP utiliza as portas 161 e 162 do UDP para enviar e receber requisições entre gerentes e agentes (MAURO; SCHMIDT, 2001).

2.3.2 Versões e RFCs

O Quadro 2 contém descrições das versões do SNMP de acordo com MAURO e SCHMIDT, 2001.

Quadro 2 - Versões do SNMP

Versão	Definição
Versão 1 (SNMPv1)	RFC 1157; Segurança baseada em comunidades, que permitem que qualquer aplicativo baseado em SNMP tenha acesso a informações de gerenciamento de um dispositivo. Comunidades implementadas do tipo read-only, read-write e trap.
Versão 2 (SNMPv2)	RFC 1901, RFC 1908, RFC 3416 e RFC 3417; Vantagens em relação a eficiência e no desempenho. Adicionado o operador <i>get-bulk</i> e notificações de evento confirmado, como o operador <i>inform</i> , com maior detalhamento de erros.
Versão 3 (SNMPv3)	RFC 3410, RFC 3411, RFC 3412, RFC 3413, RFC 3414, RFC 3415, RFC 3416, RFC 3417, RFC 3584, RFC 3826 e RFC 5343.

	Incluída autenticação rigorosa e comunicação privativa entre as entidades gerenciadas.
--	----------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Mauro e Schmidt (2001).

2.3.3 Mensagens SNMP

Segundo Forouzan e Fegan (2008), a troca de mensagens entre o gerente e o agente utiliza cinco mensagens do tipo *Protocol Data Unit* (PDU). Os tipos de mensagens são mostrados no Quadro a seguir.

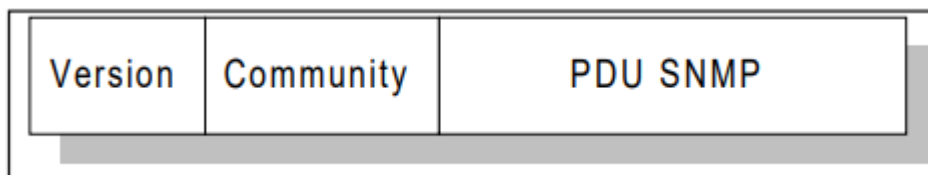
Quadro 3 - Tipos de PDU

Tipo de PDU	Remetente-Receptor	Descrição
GetRequest	gerente-agente	Coleta o valor de instâncias de objetos MIB.
GetNextRequest	gerente-agente	Coleta o valor da próxima instância de objeto MIB.
SetRequest	gerente-agente	Determina valores de instâncias de objetos MIB.
GetResponse	agente-gerente ou gerente-gerente	Resposta às requisições de PDU.
Trap	agente-gerente	Relatar um evento, sem a necessidade de requisições.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Forouzan e Fegan (2008).

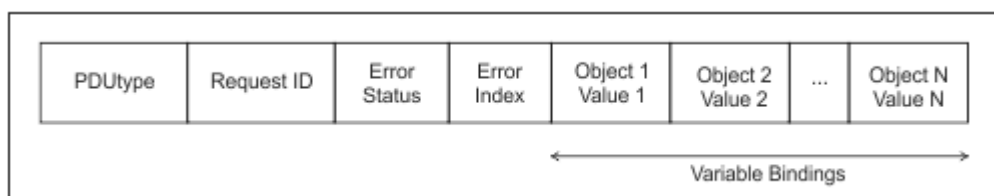
O pacote de mensagem SNMP é dividido em duas partes: um cabeçalho e uma PDU. A primeira parte contém um número de versão (*version*) que indica a versão do SNMP e um nome de comunidade (*community*). A comunidade define um dispositivo de acesso para um grupo de NMS e é utilizada pelos agentes como autenticação, visto que o pacote de mensagem é descartado se o nome de comunidade de um NMS for diferente que a do agente (ODA, 1998).

Figura 4 - Formato da mensagem SNMP



Fonte: Oda (1998).

Figura 5 - Formato da PDU SNMP



Fonte: Abreu; Pires (2004).

De acordo com Abreu e Pires (2004), o PDU SNMP é formado pelos campos, que podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 - Campos do PDU

<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>
PDUtype	Indica o tipo de mensagem PDU transmitida.
RequestID	Associa comandos SNMP com respostas.
Error Status	Indica erros ocorridos no processamento da mensagem.
Error Index	Associa um erro com um objeto.
Variable Bindings	Contém a informação a ser transmitida.

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Abreu e Pires (2004).

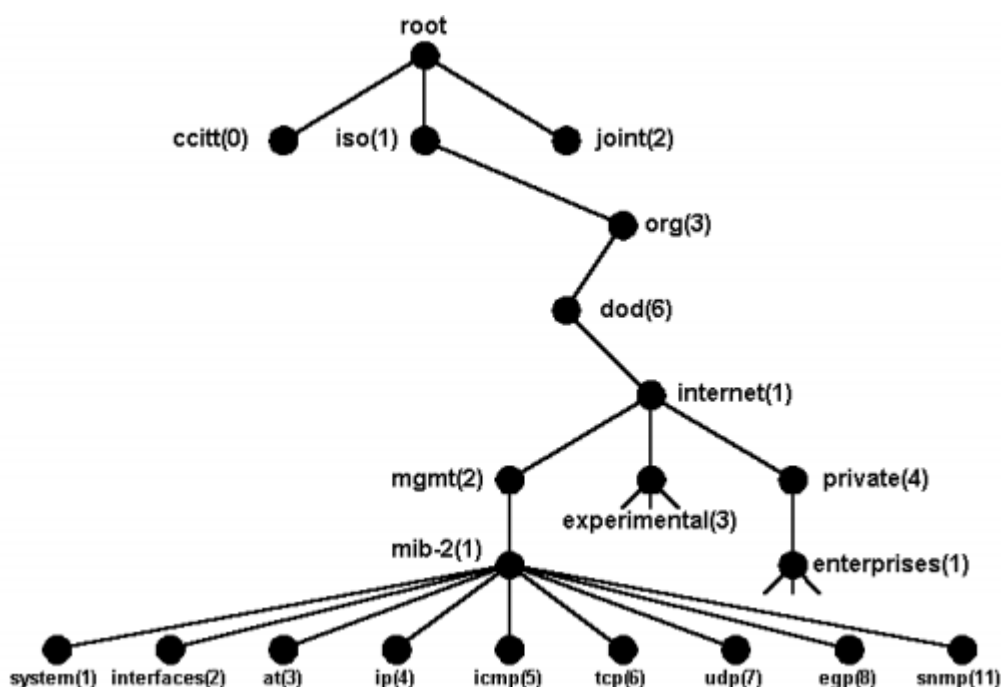
2.3.3 Banco de dados - MIB

“A primeira versão da MIB se deu com a RFC 1066. Sua evolução ocorreu quando a RFC 1213 propôs uma segunda MIB, a MIB II. As MIBs existentes são: MIB I, MIB II, MIB experimental, MIB privada. A MIB II, que é a evolução da MIB” (MEDEIROS, 2017, p. 22).

De acordo com Alcântara, Fresse e Rousseau (2014), a MIB utiliza uma estrutura de nomes do tipo hierárquica chamada de namespaces. Essa estrutura contém o identificador de um objeto OID (Object ID) que através de operações SNMP, pode ser lido ou escrito. Um identificador de objeto é montado usando segmentos de uma estrutura em formato de árvore. Cada segmento da estrutura tem um nome, mas é representado por um número e pode ser associado a uma organização (KAKANAKOV; KOSTADINOVA; SPASOV 2007).

A Figura 6 a seguir apresenta a MIB padrão SNMP no formato de namespaces.

Figura 6 - MIB padrão SNMP



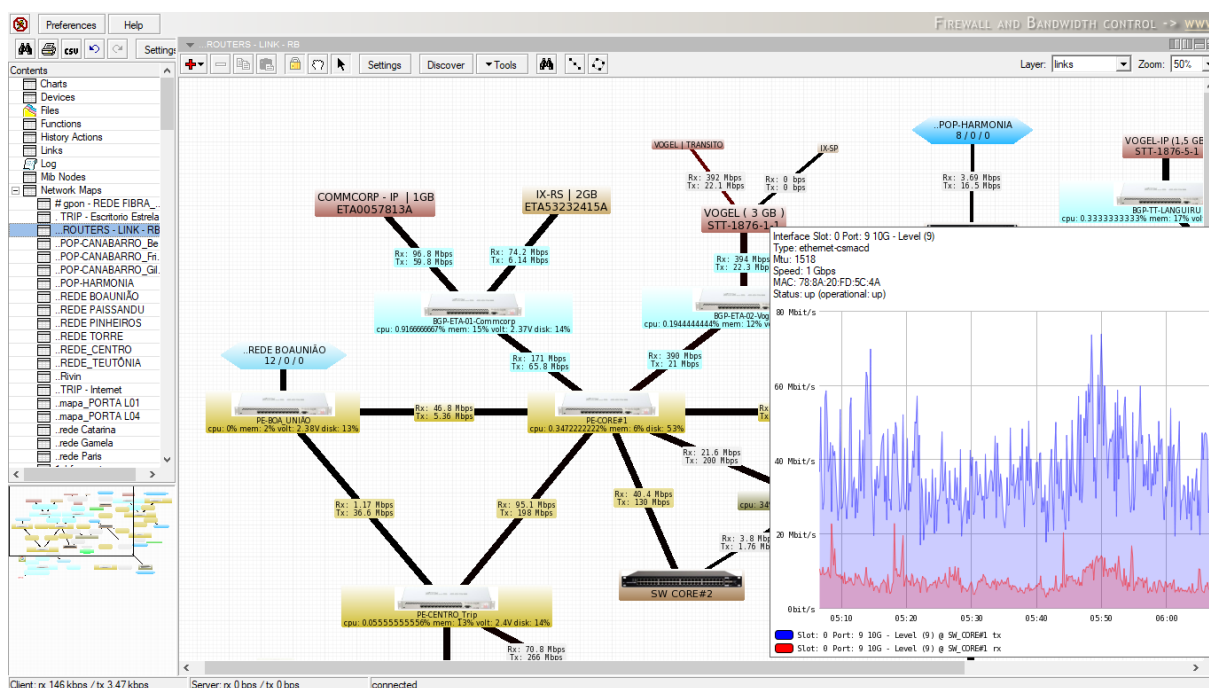
Fonte: Dias; Alves (2002).

2.3.4 The Dude

Desenvolvido gratuitamente pela Mikrotik e disponível em seu site, o The Dude é uma ferramenta de software do tipo NMS capaz de realizar a gerência e monitoramento de ambientes de rede. A partir do uso de protocolos como o SNMP, o sistema permite monitorar quaisquer dispositivos, gerar relatórios, enviar notificações, armazenamento de histórico de eventos e outros (MIKROTIK, 2020).

O The Dude (FIGURA 7) permite mapear ativos de rede através de mapeamento gráfico e relacionamento lógico entre os dispositivos, podendo ser executado em ambiente Windows, MacOS e Linux. O mesmo, exibe atualizações do monitoramento da rede em tempo real, com excelente tempo de resposta (SOUZA; LIMA, 2016).

Figura 7 - The Dude



Fonte: Do autor (2020).

2.4 Servidor Web

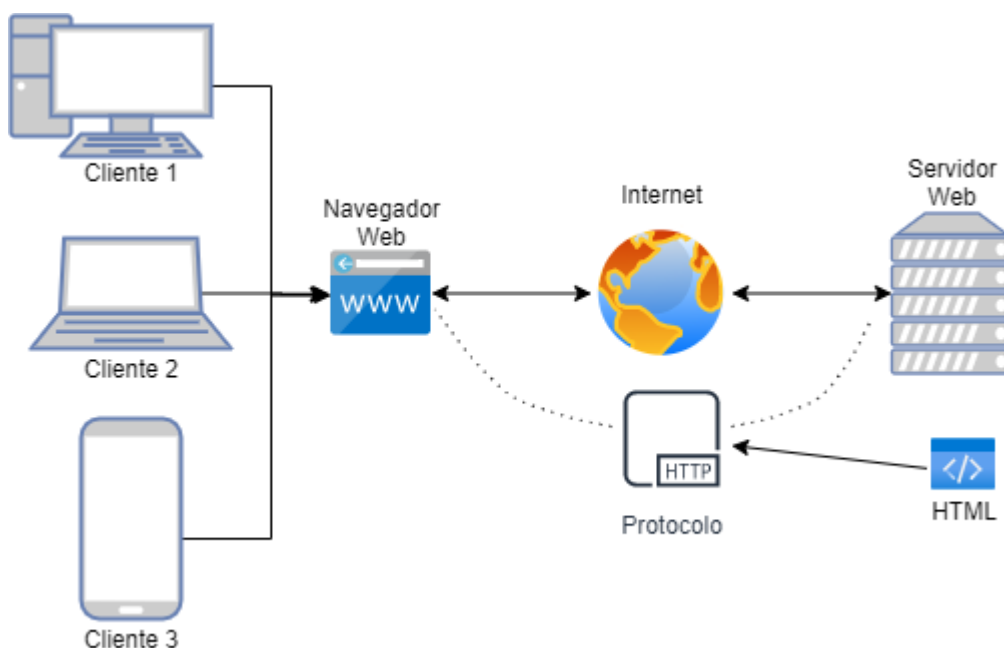
Servidores *web* são processos de *software* que utilizam recursos computacionais para realizar a troca de informações entre máquinas, por meio da arquitetura cliente e servidor. Através do protocolo HTTP - base para a comunicação

de dados da *World Wide Web* (WWW) - o servidor aceita requisições de clientes, geralmente navegadores, e os serve com respostas HTTP, incluindo páginas *web* com documentos *HyperText Markup Language* (HTML) e outras mídias (DIAS; ALVES, 2002).

Componentes apresentados aos usuários em páginas *web*, tais como formulários, tabelas, botões e outros, são construídas através de interpretações de marcadores de linguagem de programação HTML, realizadas pelos navegadores (MILETTO; BERTAGNOLLI, 2014).

A Figura 8 apresenta o cenário de comunicação entre cliente e servidor *web* através da internet.

Figura 8 - Cenário, cliente/servidor *web*



Fonte: Elaborada pelo autor, com base em Dias; Alves (2002).

Os servidores *web* geralmente são encontrados em *Data Centers*, mas também é possível a configuração de servidores em microcontroladores. O emprego de servidores *web* em sistemas embarcados possui vantagens como baixo custo de desenvolvimento e recursos otimizados para aplicação (ROY et al, 2009).

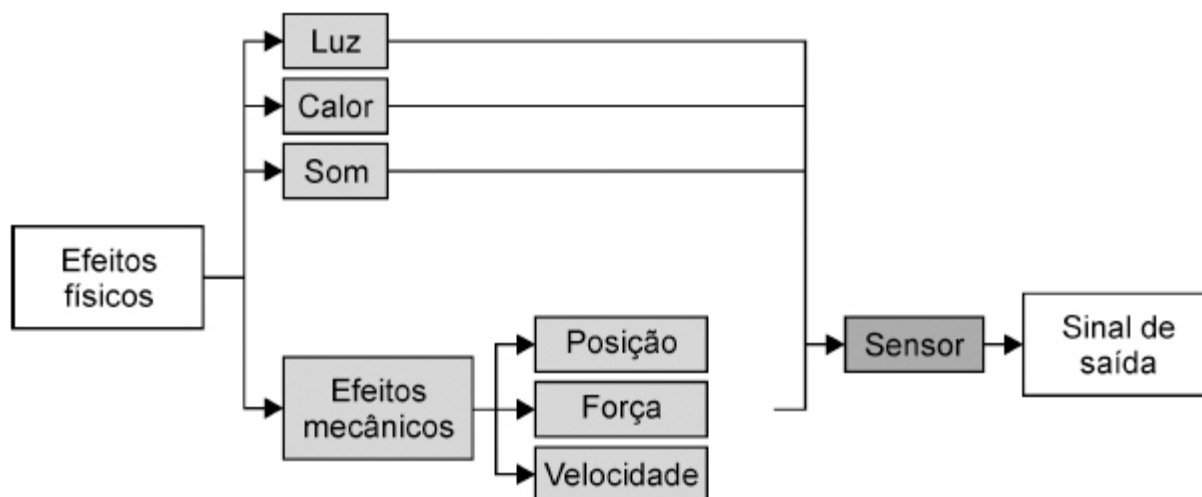
Os servidores *web* em sistemas embarcados são utilizados principalmente para a comunicação com o usuário externo/navegador – ou processamento externo em um outro servidor para análises mais complexas (SAHANI et al, 2015) – através da

aquisição de dados de sensores e/ou processos internos de um microcontrolador (GUPTA, 2018).

2.5 Sensores e Transdutores

Os sensores são dispositivos capazes de gerar respostas mensuráveis de acordo com a variação de uma grandeza física como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição etc., conforme indica a Figura 9.

Figura 9 - Algumas formas de energia em um sensor.



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011).

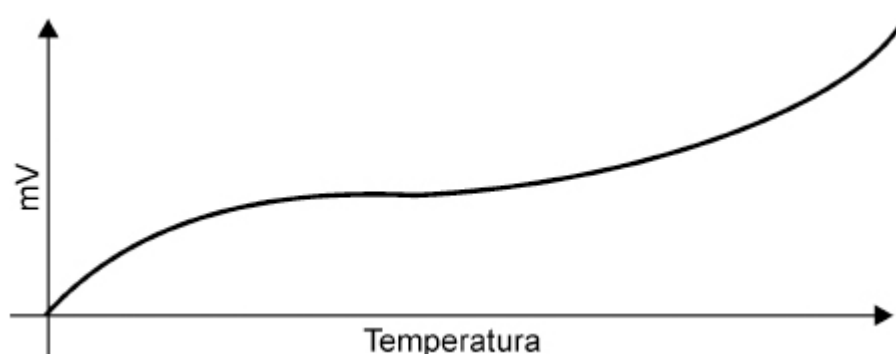
Normalmente um sensor não contém características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Desta forma, geralmente é necessária a manipulação do sinal de saída do sensor - realizada por um circuito de interface de produção de sinal compreensível - antes da leitura no sistema de controle (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

O transdutor é um dispositivo que mensura uma grandeza física a partir de um sensor. Essa leitura é convertida em outra grandeza - sinal de tensão ou corrente - capaz de ser interpretada por dispositivos de controle. Deste modo, o transdutor é considerado uma interface às formas de energia do ambiente. Muitas vezes os termos "sensor" e "transdutor" são usados indistintamente. Neste caso, o transdutor é o instrumento completo que engloba sensor e todos os circuitos de interface capazes de serem utilizados numa aplicação industrial (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011, p. 19).

2.5.1 Sensores analógicos

A saída de sinal de sensores analógicos pode assumir diferentes valores ao longo do tempo, perante as limitações de operação do componente. Algumas grandezas físicas podem ser mensuradas ao longo do tempo utilizando elementos sensíveis com circuitos eletrônicos analógicos. A Figura 10 ilustra a variação de uma grandeza física (temperatura) de forma analógica (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Figura 10 - Variação de grandeza física de um sensor analógico.

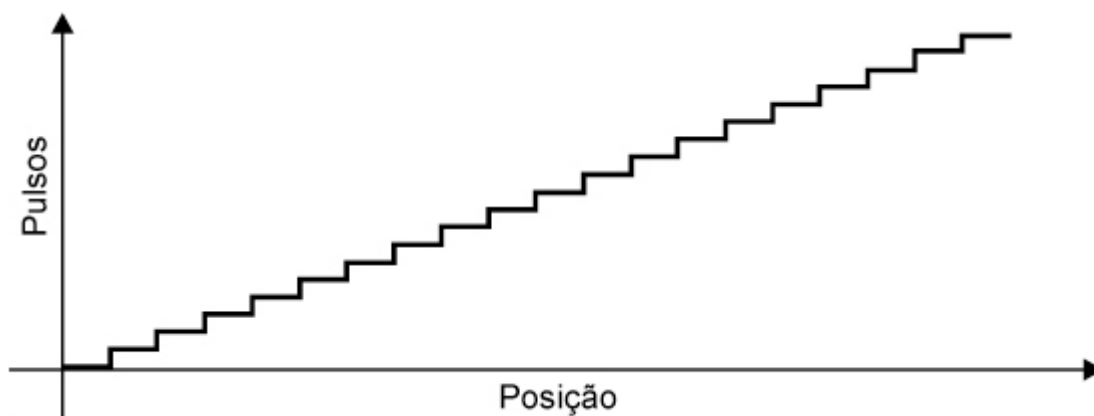


Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011).

2.5.2 Sensores digitais

Sensores digitais assumem apenas valor binário - zero (0) e um (1) - em sua saída ao longo do tempo. Naturalmente nenhuma grandeza física assume valor binário, desta forma, o sensor digital converte sua saída de sinal através de um circuito eletrônico transdutor. O uso de encoders na detecção de passagem por objetos é um exemplo de uso de sensores digitais para determinar distância, velocidade e outros. A Figura 11 ilustra a variação da posição de um objeto lida por um *encoder incremental* (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Figura 11 - Leitura de um objeto por *encoder incremental*.



Fonte: Thomazini; Albuquerque (2011).

2.6 Atuadores

Conforme Thomazini e Albuquerque (2011), os atuadores são dispositivos que agem diretamente em uma variável de um sistema controlado. Estes dispositivos modificam - fisicamente - estas variáveis de acordo com um sinal proveniente do controlador. Normalmente esses dispositivos operam com potência elevada e podem ser classificados como válvulas, relés, motores, cilindros e solenoides.

2.7 Sistemas embarcados

Segundo Wolf (2002), sistemas embarcados são caracterizados por dispositivos que combinam hardware e software para realizar funções específicas. Através do uso de sensores, os sistemas embarcados podem obter parâmetros para realizar ajustes e configurações em aplicações ou dispositivos que satisfaçam as necessidades do utilizador (ARAUJO, 2003).

2.7.1 Microprocessadores e Microcontroladores

Os sistemas embarcados utilizam diferentes arquiteturas e podem ser diferenciados a partir do uso de microprocessador e microcontroladores. Os microprocessadores são circuitos integrados que executam instruções submetidas por comandos de um programa, denominado *software*, armazenado na memória que executa diversas operações lógicas e o controle de entradas e saídas.

Microprocessadores necessitam de outros dispositivos externos para funcionar corretamente, dispostos em uma placa eletrônica de modo que funcionem harmonicamente com o microprocessador, como memórias, barramentos de controle e periféricos (PEREIRA *et al*, 2014).

Internamente a um sistema embarcado, o componente mais evidente é a memória, pois ele necessita de um local para armazenar o software embarcado. Não apenas para isso, pois existem memórias que são utilizadas para armazenar dados temporários vindos de processamento. Também existe uma memória que armazena as instruções básicas do processador (OLIVEIRA e ANDRADE, 2006, p. 25).

Os microcontroladores são uma espécie de “mini-computador” ou um computador em um único *chip*, pois em microcontroladores todos os dispositivos estão integrados, como memórias e barramentos de controle. Memória *Random Access Memory* (RAM), memória *Read Only Memory* (ROM), conversores AD (Analógico/Digital), *Real Time Clock* (RTC), controladores Serial e/ou *Universal Serial Bus* (USB) e o processador. A sua utilização torna simples a resolução de determinados problemas (PEREIRA *et al* 2014).

2.7.1.1 Plataformas microcontroladas - Arduino e ESP32

De acordo com Fonseca e Vega 2011, plataformas de desenvolvimento e prototipagem podem ser utilizadas como ferramentas de projetos, que permitem realizar experimentos práticos de forma menos complexa e com mais agilidade no desenvolvimento de aplicações com protótipos.

O Arduino é uma plataforma/placa de prototipagem *open-source* ou de eletrônica livre, composta por um microcontrolador da marca Atmel em conjunto com os seus periféricos: interface USB-serial, cristal, conexão para alimentação, bateria e outros (MOTA, 2017).

De acordo com Mota (2017), por estarem embutidos em inúmeros modelos de placas Arduino, alguns microcontroladores da Atmel se tornaram amplamente difundidos na eletrônica, sendo eles: ATmega8 (Arduino Extreme), ATmega168 (Arduino Mini), Atmega328 (Arduino Duemilanove, Arduino Uno, Arduino Nano).

O Arduino possui *Integrated Development Environment* (IDE) de programação própria que pode ser facilmente encontrado por se tratar de um software livre.

Entretanto, o Arduino pode ser programado também em outras IDEs, aceita linguagem C/C++ e possui uma grande comunidade com diversas bibliotecas prontas disponíveis para utilização (MOTA, 2017).

Assim como o Arduino, o NodeMCU-32 também é uma plataforma/placa de prototipagem composta por um microcontrolador e um conjunto de periféricos pré-instalados, sendo eles: interface USB-serial, antena embutida e um regulador de tensão. Seu microcontrolador instalado é ESP32 que é fabricado pela empresa Espressif Systems. Por também se tratar de uma plataforma de eletrônica livre, o microcontrolador pode ser programado em diversas IDEs, como Codeblocks, Lua, Netbeans e até mesmo a do Arduino (MORAIS, 2017).

Na Figura 12, é possível observar à esquerda, a placa Arduino Uno, que possui um microcontrolador modelo ATmega328 e à direita, a placa NodeMCU-32.

Figura 12 - Plataforma Arduino Uno e Esp32



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Arduino (2020) e Espressif (2020).

Existe grande diferença de recursos computacionais em um microcontrolador *Atmega328* em comparação aos recursos da arquitetura do *ESP32*, pois é possível verificar em suas folhas de dados (*Datasheet*), fornecidas pelos fabricantes, que por exemplo, a diferença de velocidade de processamento do *ESP32*, considerando apenas o *clock*, é aproximadamente 15 vezes maior que o *Atmega328* (ATMEL, 2020), (ESPRESSIF, 2020).

O Quadro 5, demonstra os recursos presentes nas placas de desenvolvimento Arduino Uno e ESP32 DevKit, de acordo com os microcontroladores Atmega328 e ESP32:

Quadro 5 - Recursos de Hardware das placas Arduino Uno e ESP32 DevKit.

Descrição	Arduino UNO	ESP32 DevKit
Alimentação	5V	2,2V ~ 3,3V DC
Bluetooth	Não Possui	Bluetooth Low Energy v4.2 (BLE)
Conversores ADC (Analogico para Digital)	1 ADC, com 6 canais de 10-bit de resolução	1 ADC, com 18 canais de 12-bit de resolução
Conversores DAC (Digital para Analógico)	Nenhum	2 DAC com 8-bit de resolução (256 bits)
Corrente de Consumo	Média de 15mA	Média de 80mA
Entrada Regulada (VIN)	7 ~ 12V	5 ~ 9V
Frequência de Operação	0 ~ 16 MHz	80MHz ~ 240MHz
Interfaces de Módulos	I2C, SPI, UART e LED PWM	SPI, SDIO, LED PWM, Motor PWM, I2S e IR
Memória FLASH	32KB	4MB
Memória RAM/SRAM	2KB	520KB
Memória ROM/EEPROM	4KB	448KB
Pinos de <i>input/output</i> (I/O) ou pinos de entrada e saída	23 pinos com 6 PWM	34 pinos com 16 PWM
Processador	AVR® 8-bit RISC (1 núcleo)	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 (2 núcleos)
Sensores Embutidos	Temperatura e toque capacitivo.	temperatura (algumas versões), efeito Hall e Toque Capacitivo.
Temperatura de Operação	-40°C ~ +85°C	-40°C ~ +85°C
Temporizadores	3 Timers, um de 16-bit e dois de 8bit	4 Timers de 64-bit

Watchdog	1 Watchdog	4 Watchdogs
WiFi	Somente com Shield ou módulos.	2,4 GHz, 802.11 b/g/n/e/i (802.11n até 150 Mbps)

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Oliveira (2019).

Conforme o Quadro 5 é possível verificar que a placa ESP32 DevKit dispõe de um microcontrolador que conta com tecnologias *wireless* e *bluetooth*, mais pinos de entrada/saída, conversor ADC com mais canais com maior resolução de leitura e processador de dois núcleos, enquanto a placa Arduino possui recursos de hardware mais limitados. Entretanto, existem diversos tipos de placas de expansão de hardware desenvolvidas para Arduino e bibliotecas de programação disponibilizadas no site oficial da marca (ARDUINO 2020).

De acordo com Kamal (2009), os microcontroladores possibilitam a conexão de circuitos complementares e periféricos em seus pinos de entrada/saída de forma a adaptar sua programação conforme as necessidades e conexões do circuito.

2.7.1.2 Módulos externos e *shields*

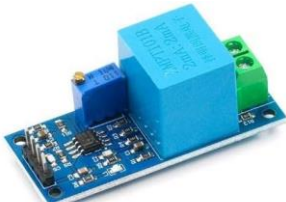

Módulos externos e shields são placas de circuito impresso que contém componentes e/ou circuitos eletrônicos que podem ser conectados ou acoplados em placas de desenvolvimento com a finalidade de adicionar recursos de hardware e funcionalidades em projetos com microcontroladores. Normalmente os shields são utilizados apenas com placas Arduino, enquanto módulos externos, são de uso e aplicações em diversos projetos (MOTA, 2020).

Existem inúmeras placas de expansão de hardware para serem utilizadas em conjunto com placas de desenvolvimento, como exemplifica o quadro 6.

Quadro 6 - Algumas placas de expansão de hardware

Módulo Ethernet	
Módulo ethernet W5500.	Descrição

	<p>Possibilita que placas de desenvolvimento se conectem à rede local ou internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comunicação: SPI; • Protocolo: TCP, UDP, ICMP, IPv4, ARP, IGMP e protocolo PPPoE; • Tensão de operação: 3,3V ou 5V; • Corrente: superior a 200 mA;
Módulo GSM/GPRS	
<p>Módulo celular SIM800L.</p> 	<p>Descrição</p> <p>Possibilita que placas de desenvolvimento se conectem à rede GSM ou internet através de GPRS.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentação: 3,7V a 4,2V (2A corrente de pico); • Estação móvel GPRS classe B; • Ganho da antena: 3dBi; • Suporte PAP (password authentication protocol) para conexões PPP; • Protocolo TCP/IP embutido;
Módulo Sensor de Tensão CC	
<p>Módulo sensor GBK</p> 	<p>Descrição</p> <p>Possibilita que placas de desenvolvimento realizem a medição de tensão contínua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensão de entrada: 0 a 25V;

	<ul style="list-style-type: none"> • Valor dos resistores: 30K e 7,5K Ohms; • Proporção de divisão: 5:1; • Tolerância do resistor: 1%;
Módulo Sensor de Tensão CA	
Módulo sensor ZMPT101B 	Descrição <p>Possibilita que placas de desenvolvimento realizem a medição de tensão alternada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensão de alimentação: 5 a 30VDC; • Tensão de entrada: 0 a 250VAC; • Proporção: 1000:1000; • Isolamento tensão: 4000V; • Precisão de leitura: $\pm 1\%$;
Módulo Sensor de Corrente	
Módulo sensor ACS712 	Descrição <p>Possibilita que placas de desenvolvimento realizem a medição de corrente alternada ou contínua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faixa de medição: -30 a 30 A; • Tensão de Alimentação: 5 V; • Tensão de saída s/carga: 2,5V; • Sensibilidade de saída: 66 mV / A; • Consumo de corrente: 13 mA (Máx.); • Precisão: 1,5% à 25°C;
Módulo DHT22	

<p>Módulo DHT22.</p> 	<p>Descrição</p> <p>Possibilita que placas de desenvolvimento realizem a medição de temperatura e umidade.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faixa de medição de umidade: 0 a 100% RH; • Faixa de medição de temperatura: -40° a 80°C; • Alimentação: 3,3 a 5,5VDC; • Corrente de medição: 1 a 1,5mA; • Corrente em stand by: 40μA a 50μA; • Precisão de medição de umidade: ± 2% ~ ± 5% RH; • Precisão de medição de temperatura: ± 0,5 °C; • Saída: Digital; • Histerese de umidade: ±0,3%;
<p>Módulo Relé</p>	
<p>Módulo relé de 2 canais.</p> 	<p>Descrição</p> <p>Possibilita que placas de desenvolvimento realizem o acionamento de cargas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensão de operação da bobina: 5VDC; • Tensão máxima de saída do relé: DC 30V/10A, AC 250V/10A; • Corrente de comutação: 10A;

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

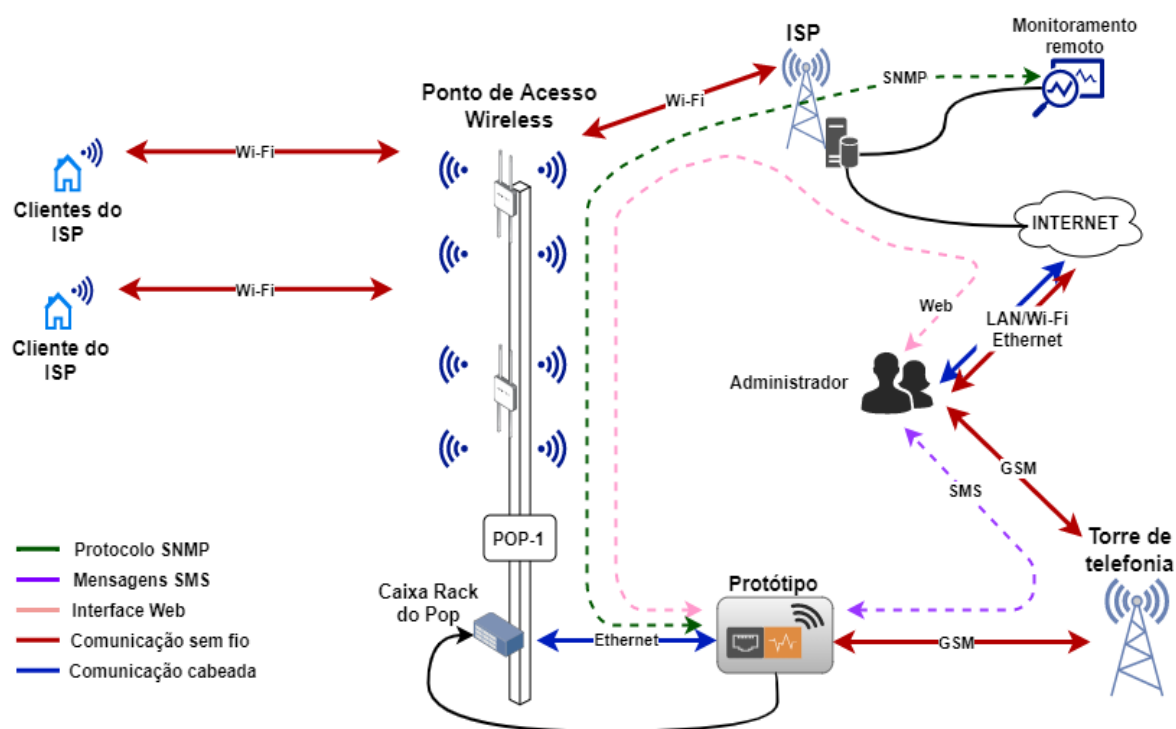
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto consiste na elaboração de uma ferramenta auxiliar de gerência e monitoramento remoto de POPs de ISPs. A partir da sua implementação, pretende-se incrementar a habilidade de análise e intervenção de ações do NOC.

3.1 Visão geral do cenário e do projeto

O projeto a ser desenvolvido propõe que sua instalação seja no mesmo local onde são alocados os demais equipamentos do POP. A Figura 13 apresenta o cenário proposto para a aplicação da solução.

Figura 13 - Cenário proposto para a aplicação do projeto.

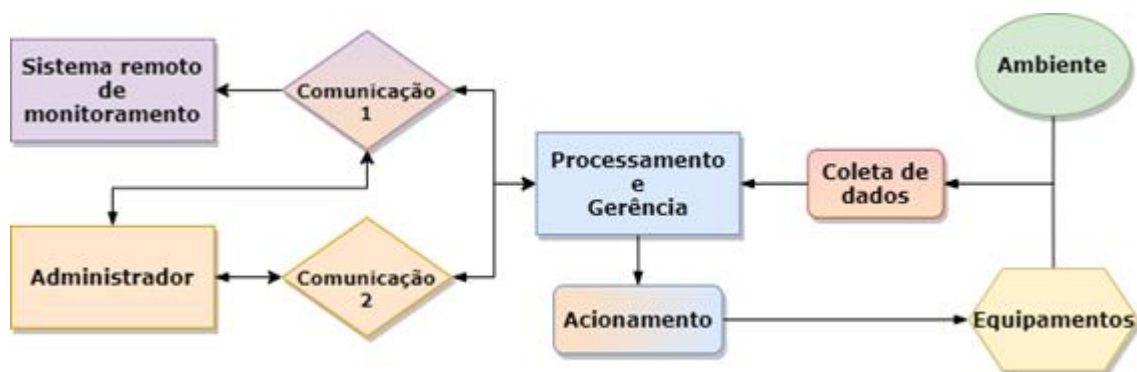


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O protótipo tem como finalidade a coleta de dados referentes ao ambiente e dos demais equipamentos conectados a energia elétrica do POP, os quais serão processados e posteriormente enviados para um sistema de monitoramento remoto centralizado no NOC do ISP.

A Figura 14 apresenta o fluxo de coleta e processamento dos dados, assim como também as interfaces de comunicação utilizadas pelo sistema.

Figura 14 - Processamento e gerência



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Com a finalidade de comunicação redundante, o projeto propõe duas interfaces distintas de meio de comunicação remota, de forma a possibilitar que o administrador continue a receber os dados mesmo que um dos meios de comunicação falhe. Outra possibilidade através da comunicação remota será o acionamento de cargas conectadas nos barramentos de alimentação.

O monitoramento do POP será baseado expressamente nos dados transmitidos do local. Dados de operação física do ambiente e equipamentos serão utilizados para gerar alarmes e status pré-definidos. A Figura 15 demonstra os dados que serão coletados do ambiente e dos equipamentos.

Figura 15 - Coleta de dados do ambiente e equipamentos.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Informações do ambiente e do barramento de alimentação dos equipamentos serão lidas por sensores e posteriormente processados e enviados pelo dispositivo conforme a configuração estipulada pelo administrador. De acordo com a Figura 16, a principal forma de envio dos dados será realizada através de rede TCP/IP por meio

de uma interface LAN ethernet, no qual um sistema de monitoramento remoto coletará os dados do dispositivo via protocolo SNMP.

O sistema de monitoramento possibilita a criação de alertas e dashboards orientados aos dados recebidos do dispositivo de forma a facilitar o monitoramento e o diagnóstico de funcionamento do POP. A Figura 16 apresenta a principal forma de envio dos dados.

Figura 16 - Principal forma de envio de dados.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Mediante a possibilidade de falha da comunicação principal, o protótipo utilizará uma interface celular GSM como comunicação secundária com o administrador e, nesse caso, um relatório completo dos dados do POP será enviado via mensagem SMS do dispositivo para o celular do administrador. De acordo com a Figura:

Figura 17 - Envio de SMS através de interface GSM.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

O projeto também disponibiliza a possibilidade de receber comandos por mensagens SMS. O administrador tem a possibilidade de realizar o corte e o religamento de energia dos equipamentos a partir do envio do comando via mensagem SMS. A Figura 18 ilustra o envio de SMS pela interface celular.

Figura 18 - Acionamento de cargas via mensagens SMS.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

O administrador também terá a possibilidade de realizar o acionamento remoto das cargas através do uso de um navegador web, como mostra a Figura 19. Através do navegador, o dispositivo disponibiliza uma interface web de controle e configuração do aparelho.

Em casos de falha de comunicação pela interface ethernet e/ou perda total de comunicação com o POP, o administrador também perderá acesso web ao equipamento. Desta forma, o administrador dependerá apenas da comunicação via troca de mensagens SMS com o dispositivo.

Figura 19 - Acionamento de cargas via navegador web.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Para que o sistema realize suas funcionalidades, o administrador deve informar ao dispositivo diversos dados, como endereços IP, endereços telefônicos e outros. Basicamente, a maioria destas informações refere-se à comunicação do dispositivo com outros dispositivos.

Essas informações serão salvas no dispositivo por meio de configuração, que deverá ser feita pelo administrador através de um navegador WEB, sem a necessidade do uso de outra aplicação para configurar. A figura a seguir demonstra como a comunicação entre o navegador e o dispositivo será realizada.

Figura 20 - Comunicação web com o dispositivo.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2 Especificidades do projeto

Esta seção descreve os requisitos necessários para que o projeto atenda as funcionalidades descritas na seção anterior. Serão especificadas as aplicações embarcadas (3.2.1), requisitos do firmware (3.2.2) e as limitações de componentes do hardware (3.2.3).

3.2.1 Comunicação e configuração

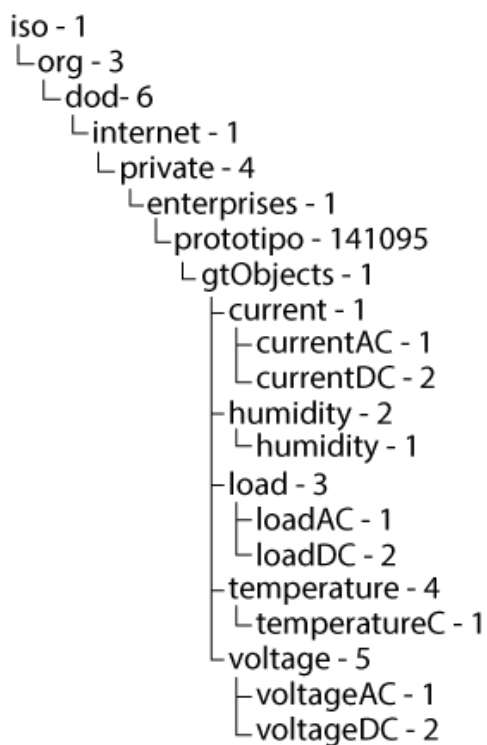
O projeto do equipamento propõe que o administrador do dispositivo disponha de aplicações embarcadas que possibilite diferentes meios de comunicação e interação com o equipamento.

3.2.1.1 SNMP

O agente SNMP deverá ser um dos processos de firmware a ser embarcado no dispositivo. Através da versão 1 do protocolo SNMP, o dispositivo terá de ser capaz de receber requisições e realizar o envio de dados dos objetos monitorados por um NMS. Define-se que o dispositivo deve suportar o intervalo mínimo de 5 segundos entre as requisições realizadas por um NMS.

A política de segurança e autenticação do agente SNMP deve ser restrita a uma comunidade do tipo *read-only* (apenas leitura), que poderá ser definida pelo administrador. A MIB do dispositivo deverá conter os seguintes OIDs conforme a figura 21.

Figura 21 - Componentes da MIB



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2.1.2 Comunicação SMS

É requisito do projeto haver comunicação redundante entre administrador e o protótipo. Sendo assim, o sistema embarcado deve integrar a comunicação por mensagens SMS.

Constatado erro de comunicação ethernet ou de fornecimento de energia, o dispositivo deve enviar ao administrador um relatório completo dos dados geridos pelo equipamento.

Além disso, o administrador deve ter a possibilidade de se comunicar com o equipamento mediante o envio de SMS, contendo comandos com sintaxes pré-estabelecidas em sua programação, como demonstrado no quadro 7.

Quadro 7 - Sintaxe de comandos e respostas SMS.

Comandos	Respostas
Relatório geral	<p>Relatório Geral -POP-23-</p> <p>Endereço IP: 192.168.1.2</p> <p>Interface ethernet: Erro</p> <p>Rede elétrica: Ativa</p> <p>--Ambiente--</p> <p>Temperatura[°C]: 36</p> <p>Umidade [%]: 78</p> <p>--Barramento CA--</p> <p>Tensão CA: Moderada</p> <p>Corrente CA: Moderada</p> <p>Carga CA: Ligado</p> <p>--Barramento CC--</p> <p>Tensão CC: Moderada</p> <p>Corrente CC: Moderada</p> <p>Carga CC: Ligado</p>
carga.ca.liga	Carga CA: Ligado
carga.ca.desliga	Carga CA: Desligado
carga.cc.liga	Carga CC: Ligado
carga.cc.desliga	Carga CC: Desligado

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2.1.3 Servidor web

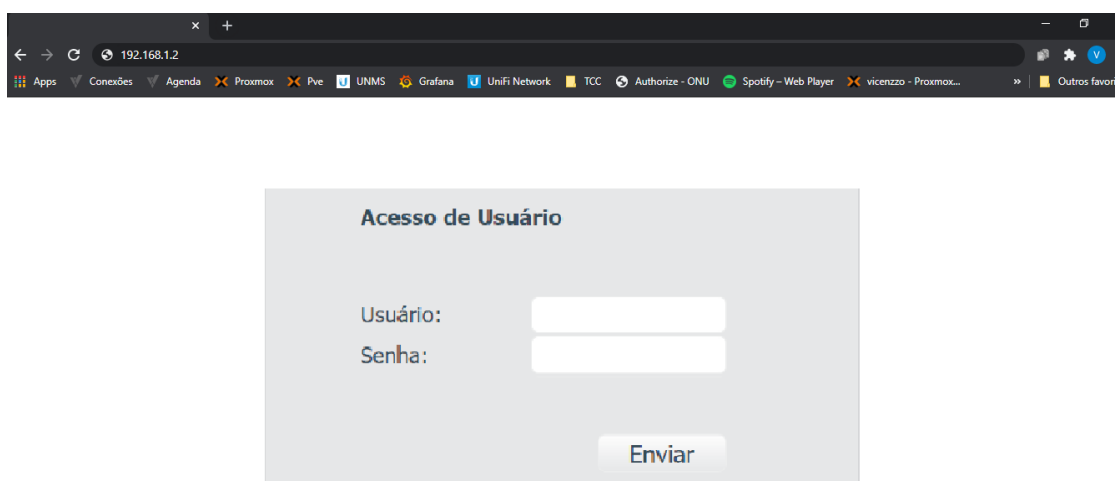
O servidor web deve ser um dos atributos do firmware a ser implementado para que o equipamento comporte uma interface de interação homem-máquina em formato gráfico, sem a necessidade de desenvolver outra aplicação ou software para manipular do equipamento.

Através de navegadores web e independente de plataforma, o administrador deverá dispor de conexão de rede TCP/IP para a troca de dados entre cliente/servidor. A comunicação em rede local ou remota deve ser opcional conforme os critérios do administrador.

A partir da comunicação estabelecida, o equipamento deverá informar ao navegador as instruções necessárias para a composição da interface gráfica, que será interpretada entre navegador e o equipamento.

As Figuras 22 e 23 exemplificam as telas de autenticação e gerenciamento. Uma tela de autenticação de credenciais é necessária para que o sistema confirme a autoridade do requisitante de forma que, quando confirmada, o administrador tenha acesso à todas as funcionalidades propostas pelo protótipo.

Figura 22 - Tela de autenticação do administrador



A imagem mostra uma interface web de autenticação acessada via navegador. O navegador exibe a URL 192.168.1.2. A interface tem um fundo cinza claro e o título "Acesso de Usuário" em azul. Há dois campos de entrada brancos: "Usuário:" e "Senha:". Abaixo deles, há um botão cinza com o texto "Enviar".

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Figura 23- Tela de gerenciamento

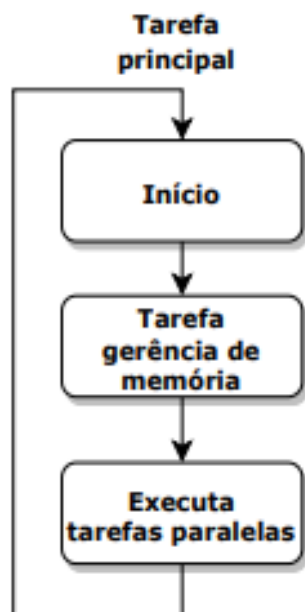
Protótipo de telemetria	
Configuração interface Ethernet	
Host:	GT-141095
MAC Address:	85:14:EF:25:60:DC
IP Address:	192.168.0.2
Subnet Mask:	255.255.255.0
Gateway:	
DNS:	
Informações gerais	
Temperatura[°C]	38
Umidade[%]	60
Rede elétrica:	Ativa
Tensão CC:	Moderada
Tensão CA:	Moderada
Corrente CC:	Moderada
Corrente CA:	Moderada
Controle	
Carga CA	Liga/Desliga
Carga CC	Liga/Desliga
Configuração SNMP	
Ativar SNMP	Ativo/Desabilitado
Read Community:	public
Configurar SMS	
Operadora:	Vivo
Número:	995938566
Admin 1:	963235224
Admin 2:	
Configurar credencial	
Usuário:	Admin
Senha:	
Confirmar senha:	
Sistema	
Reiniciar sistema/Aplicar alterações	
Configuração inicial padrão	

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2.2 Firmware

O protótipo realizará a implementação de aplicações e da gerência de *hardware* através da programação de um algoritmo que irá compor o *firmware* do dispositivo. O *firmware* do protótipo será constituído por diversas tarefas lógicas com instruções de execução, controle, monitoramento e manipulação de dados. A seguir é apresentado o funcionamento das tarefas que devem ser desempenhadas pelo algoritmo, conforme a Figura 24.

Figura 24 - Tarefa principal



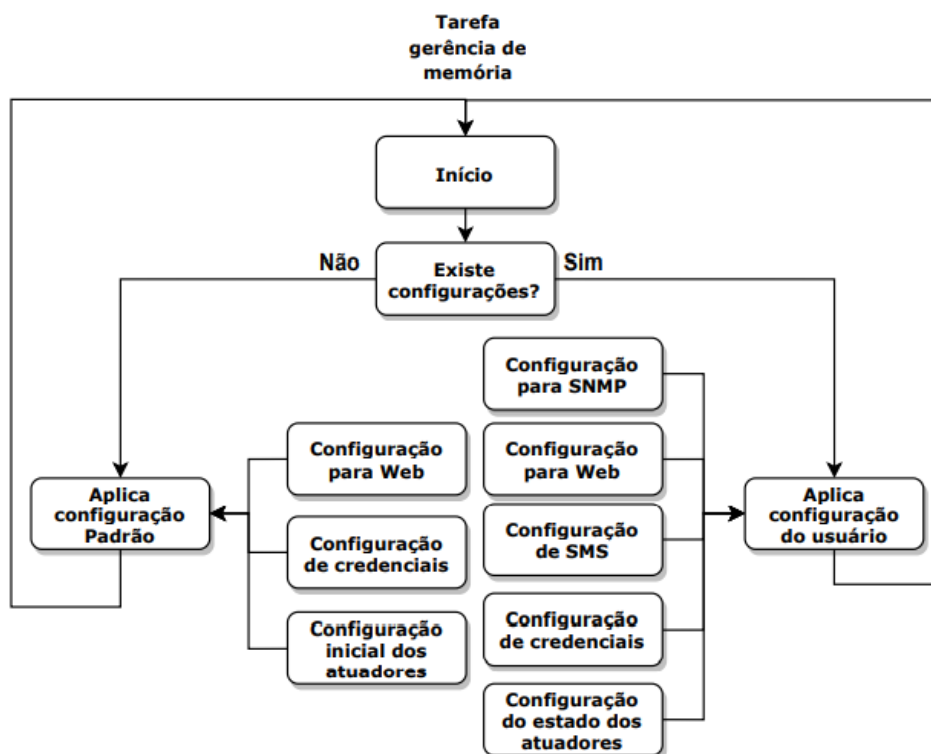
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Conforme a Figura 24, quando o sistema é ativo, a tarefa principal é executada como ponto de partida para a execução de toda a programação do dispositivo. Em geral, ela controla a execução das outras tarefas do sistema.

Após o início de sua execução, a tarefa principal executa em sequência a tarefa “gerência de memória” e as tarefas paralelas. As tarefas, no geral, são executadas pela tarefa principal. Desta forma, a sua execução precisa ser permanente enquanto o sistema estiver ativo.

A tarefa “gerência de memória” expressa na Figura 25, será responsável por atribuir corretamente os dados e configurações necessárias para o funcionamento das aplicações empregadas no dispositivo.

Figura 25 - Funcionamento da tarefa gerência de memória.

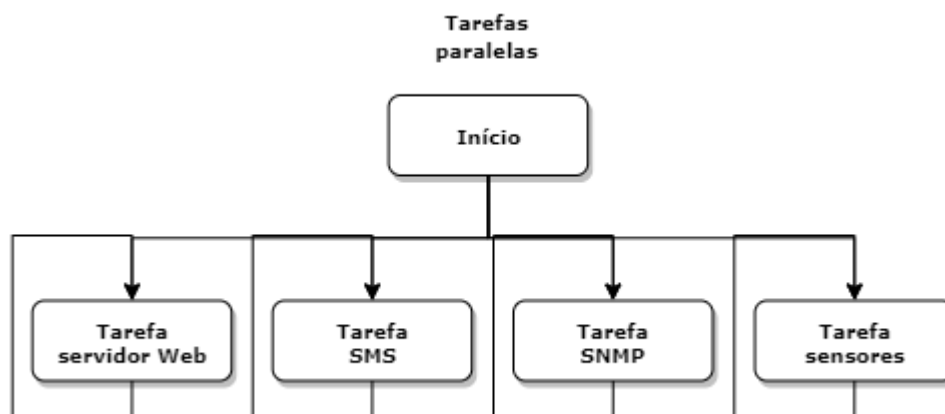


Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Para definir as configurações a serem aplicadas, esta tarefa, ao ser executada, realiza a verificação da existência de configurações de usuário quando o equipamento é iniciado. Se verificado que na área de memória referente ao usuário não existe alterações de dados, a tarefa aplica a configuração padrão pré-estabelecida em memória. Todavia, se houver alterações, será aplicado as configurações encontradas.

Após a execução da verificação de configurações, a tarefa principal executa todas as tarefas paralelas referente às aplicações embarcadas, conforme mostra a Figura 26.

Figura 26 - Execução de aplicações no sistema.

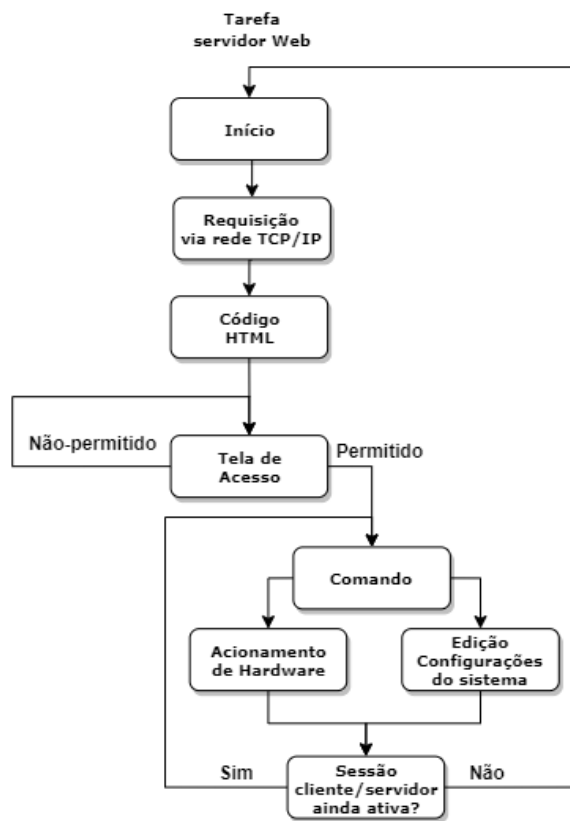


Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

As tarefas apresentadas na Figura 26 são executadas de forma paralela para que seja possível a interação entre as funções desempenhadas de cada uma.

O servidor web será uma aplicação abstrata que será embarcada a nível de firmware para possibilitar a interface homem-máquina. Em seguida, é expresso na Figura 27, o funcionamento da tarefa “servidor web”.

Figura 27- Tarefa servidor web.



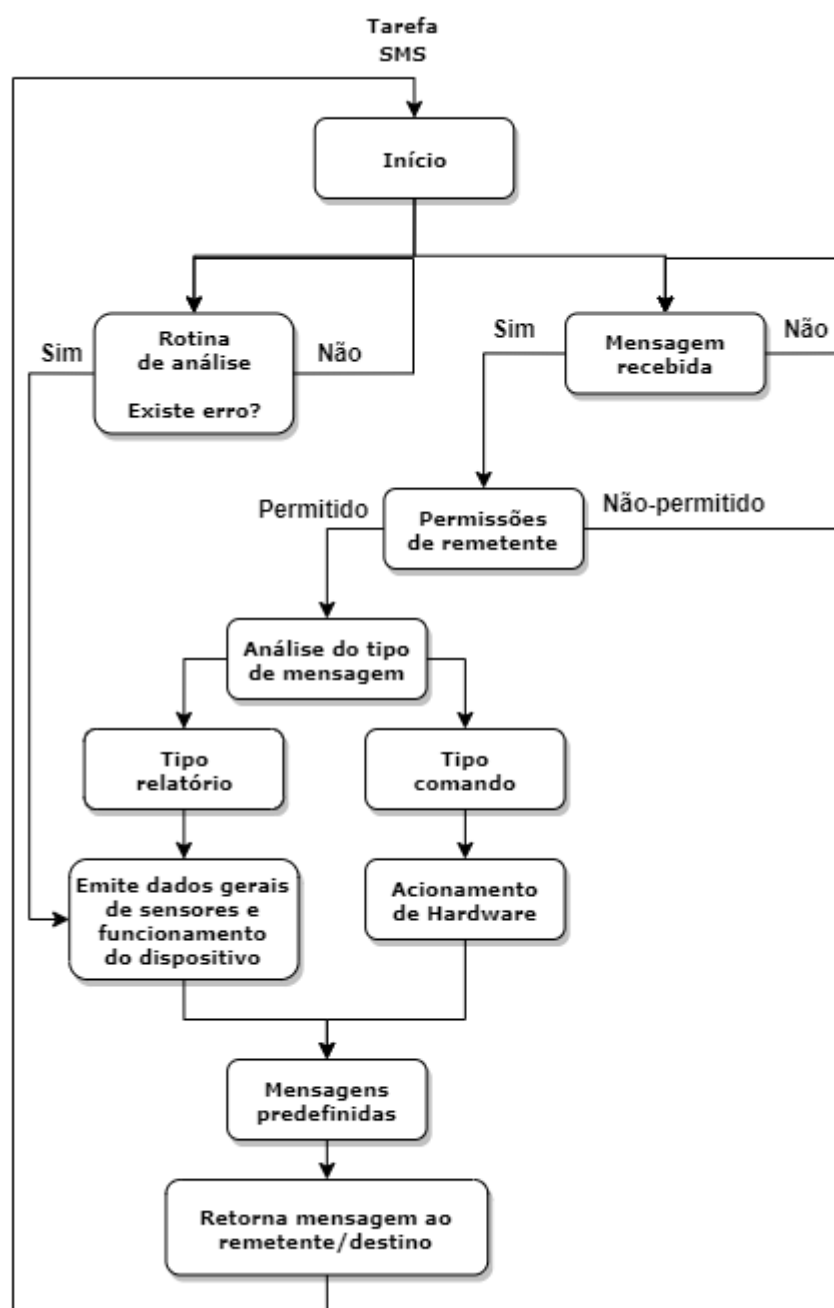
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Para que o administrador acesse a interface web do dispositivo, a tarefa servidor web deve estar sempre em execução no aguardo de requisições de rede TCP/IP. A partir da sessão cliente/servidor, o dispositivo encaminhará dados como a estrutura do código HTML necessários para compor a interface web.

Desta forma, quando o administrador realizar a sessão com o equipamento, deverá ser mostrada uma tela de autenticação de usuário baseada em HTML. As demais configurações só devem ser disponibilizadas quando o administrador informar credenciais de usuário validadas pelo servidor. A partir das credenciais validadas, o usuário poderá realizar comandos de edição de configurações do sistema ou de acionamento do hardware. No caso de sessão finalizada entre o cliente/servidor, o cliente deverá autenticar-se novamente no servidor.

A tarefa SMS baseia seu funcionamento diretamente no envio e recebimento de mensagens SMS e, diferente das demais tarefas, pode ser dividida em duas subtarefas, conforme a Figura 28.

Figura 28 - Tarefa SMS.



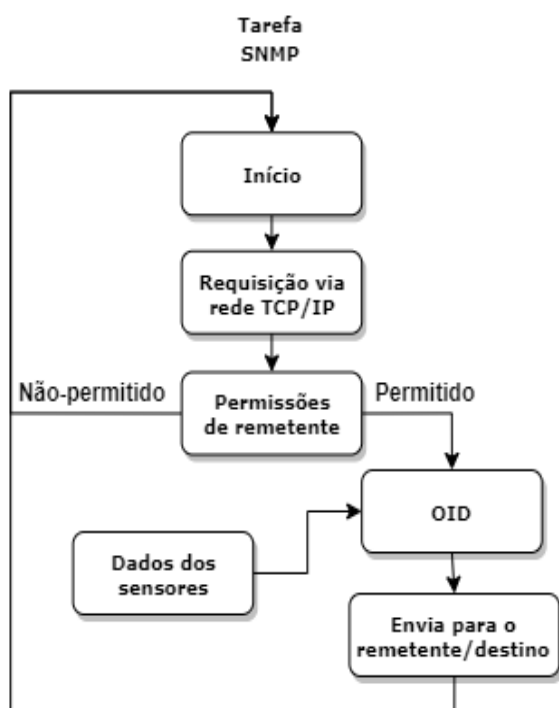
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

A primeira subtarefa é baseada em uma rotina de análise de erros com base na falha de hardware. Conforme identificado um erro, um relatório completo do funcionamento geral do dispositivo é enviado através de mensagem SMS para o número de telefone cadastrado no sistema.

A segunda subtarefa baseia-se em uma comunicação estilo “bate-papo” com o dispositivo. A tarefa realiza a verificação do recebimento de mensagens e, caso exista uma mensagem recebida por um remetente cadastrado, realiza a interpretação da mensagem, que pode ser do tipo comando ou relatório. No caso do tipo comando, a tarefa executará o acionamento de hardware selecionado e o envio de SMS de confirmação da ação. Já no tipo relatório, é realizado o envio de SMS do relatório completo do funcionamento geral do dispositivo.

O protocolo SNMP será também uma aplicação abstrata, embarcada a nível de firmware, para possibilitar o monitoramento remoto centralizado do dispositivo. Desta forma, a tarefa SNMP será destinada a executar o envio de todos os dados que serão monitorados pelo protótipo. A Figura 29 apresenta a tarefa SNMP.

Figura 29 - Tarefa SNMP.



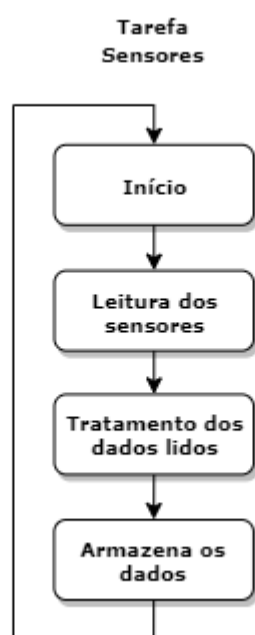
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Conforme a Figura 29, para que todos os dados sejam enviados em tempo real, a tarefa SNMP precisa ser executada permanentemente enquanto o dispositivo estiver ativo.

Através da rede TCP/IP, o dispositivo receberá requisições de um NMS, que só deverá ser respondido caso as informações de comunidade SNMP estiverem coerentes. Sendo assim, a tarefa analisa a requisição do remetente e faz o envio dos dados do protótipo através dos OID's, requeridos pelo sistema de monitoramento.

A tarefa “sensores”, conforme a Figura 30, tem propósito bastante relevante, visto que a partir desta tarefa são obtidos os principais dados monitorados via protótipo.

Figura 30- Tarefa sensores.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Esta tarefa consiste na execução do tratamento da leitura que é recolhida diretamente do sensor via hardware. A informação lida geralmente está fora de escala ou precisa ser convertida de uma leitura analógica para digital. Desta forma, é necessário a etapa de tratamento e padronização do dado lido.

3.2.3 Hardware

Para atender os requisitos mínimos de todas as aplicações propostas, será necessário a utilização de componentes de hardware, que serão descritos a seguir.

3.2.3.1 Sensores

Para atender as propostas de aferimento apresentadas anteriormente, será necessário implementar no protótipo sensores e componentes. Por se tratar do desenvolvimento de um protótipo, as leituras dos sensores não necessitam ser expressamente exatas. A seguir, é apresentado no Quadro 8, os sensores necessários e suas características mínimas a serem atendidas.

Quadro 8 - Sensores e suas características.

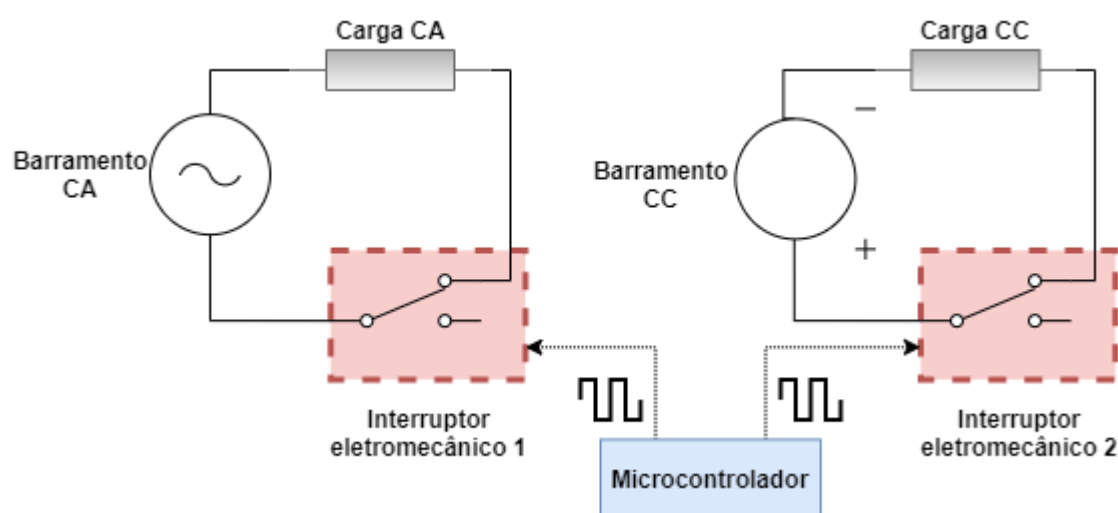
Sensor de:	Sinal de saída:	Tensão de operação:	Escopo de medição	Erro admitido
Temperatura	Digital	3.3V a 5V	0°C a 50°C	±3°C
Umidade	Digital	3.3V a 5V	20 a 90%	±5% HR
Tensão CC	Analógico	3.3V a 5V	0V a 30V	±5%
Tensão CA	Analógico	3.3V a 5V	0V a 240V	±5%
Corrente CC	Analógico	3.3V a 5V	0A a 30A	±5%
Corrente CA	Analógico	3.3V a 5V	0A a 30A	±5%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2.3.2 Atuador

Para o acionamento de cargas CA e CC, será necessário o emprego de dois interruptores eletromecânicos, conforme a Figura 31.

Figura 31 - Acionamentos de cargas por interruptores.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

O Quadro 9 apresenta as mínimas características necessárias de acionamento do componente e as limitações do interruptor para realizar a montagem do protótipo.

Quadro 9 - Características mínimas dos interruptores.

	Acionamento do componente	Contatos do interruptor	
	Tensão de operação	Tensão de operação	Corrente máxima
Carga CA	3,3V a 5V	até 280V	até 40A
Carga CC		até 30V	até 40A

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

3.2.3.3 Microcontrolador

Para realizar o processamento digital das aplicações propostas que serão atribuídas ao firmware, leitura e tratamento de informações de sensores, comunicação e controle de hardwares periféricos, será necessário a implementação de um microcontrolador.

O projeto deverá conter um microcontrolador com processador Dual-Core, com frequência de operação de no mínimo 200MHz. Por se tratar de uma proposta que embarca várias aplicações contidas no firmware, a memória RAM deverá ser de no mínimo 500KB e a memória flash de no mínimo 2MB.

A partir do tipo de sensores que deverão ser usados no projeto, será necessário que o microcontrolador disponha de pelo menos de um conversor analógico digital, com pelo menos dez canais e resolução de no mínimo 10bit.

Outros quesitos necessários que o microcontrolador deve conter em seu barramento de comunicação são pelo menos um SPI, duas comunicações serial e dispor de no mínimo 20 terminais de entrada e saída.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo conforme os requisitos do projeto estabelecidos no capítulo anterior, serão apresentadas as etapas de desenvolvimento e os resultados obtidos para a proposta do trabalho.

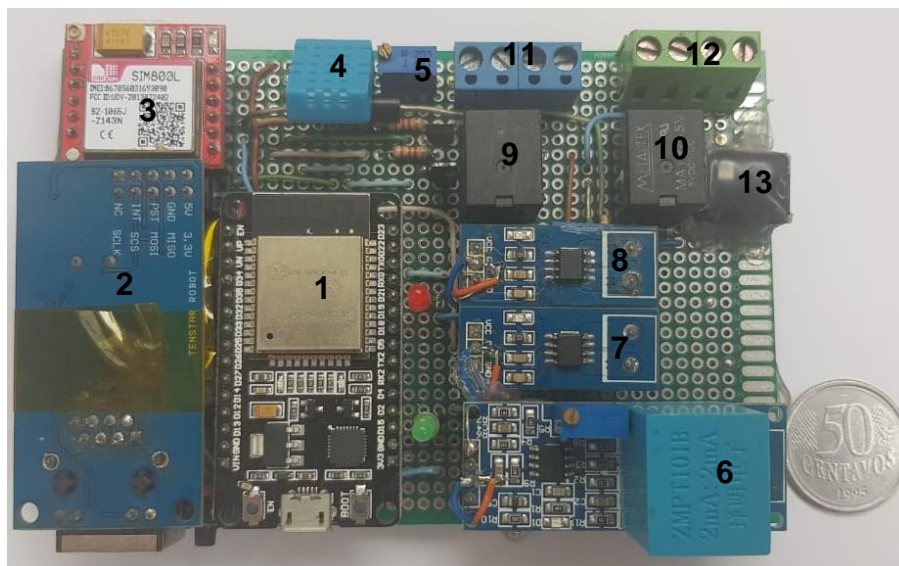
4.1 Hardware e Firmware

Como parte da proposta, foi pretendido a elaboração de um protótipo eletrônico compreendido por etapas de construção de hardware e firmware. Para poder realizar o desenvolvimento do firmware, primeiramente se fez necessário, realizar a etapa de construção de hardware.

Nesta primeira etapa, foi determinado os componentes de hardware necessários para atender as funcionalidades propostas no dispositivo. Logo após, foi utilizado uma placa de circuito impresso universal para acomodar e realizar as conexões elétricas dos barramentos dos componentes e módulos eletrônicos.

Com o auxílio de um ferro de solda, fios de cobre e estanho, de forma rápida e com robustez, foi possível acomodar todos os componentes utilizados em uma única placa eletrônica. A Figura 32, apresenta os componentes e módulos utilizados na construção da placa eletrônica que compõem o hardware do protótipo.

Figura 32 – Placa desenvolvida utilizada como protótipo.



- 1 – Esp32 DevKit.
- 2 – Ethernet W5500.
- 3 – GSM SIM800L.
- 4 – DHT11.
- 5 – Divisor de Tensão (CC).
- 6 – ZMPT101B.
- 7 – ACS712 (CA).
- 8 – ACS712 (CC).
- 9 – Relé barramento CC.
- 10 – Relé barramento CA.
- 11 – Conexões CC.
- 12 – Conexões CA.
- 13 – Conexão fonte externa.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Conforme é apresentado na Figura 32, é possível verificar que além dos componentes e módulos eletrônicos, foram adicionados conectores do tipo KRE, expressos pelos itens 11 e 12. Estes conectores realizam as conexões externas dos barramentos CC e CA com suas respectivas cargas.

Ainda conforme a Figura 32 e expresso no item 13, foi adicionado um conector do tipo Jack P4, onde é possível conectar uma fonte de alimentação externa de 5Vcc para suprir a alimentação dos módulos e componentes da placa do protótipo.

Com a etapa de construção do hardware finalizada, foi possível realizar a etapa de desenvolvimento do firmware. A estrutura de código e do processamento lógico de tarefas foi desenvolvida de acordo com as Figuras 24 e 26, do item 3.2.2, posteriormente compilado e embarcado no protótipo, utilizando o ambiente integrado de desenvolvimento Arduino e a linguagem de programação C.

4.2 Validação e testes

Após a realização das etapas construtivas do protótipo, a fim de validar as funcionalidades propostas pelo protótipo, foram realizados simulações e testes elaborados em ambiente controlado, analisando principalmente seus meios de comunicação e integridade dos dados coletados.

4.2.1 Configurações e Implementação

Para desempenhar as simulações condizentes a coleta de dados realizados por um sistema de monitoramento remoto centralizado, foi empregado aos testes, o software The Dude. Além disso, o software foi utilizado para validar todos os sensores presentes no hardware.

Configurações TCP/IP foram realizadas tanto no protótipo quanto no The Dude para que houvesse através da rede de computadores comunicação entre ambos.

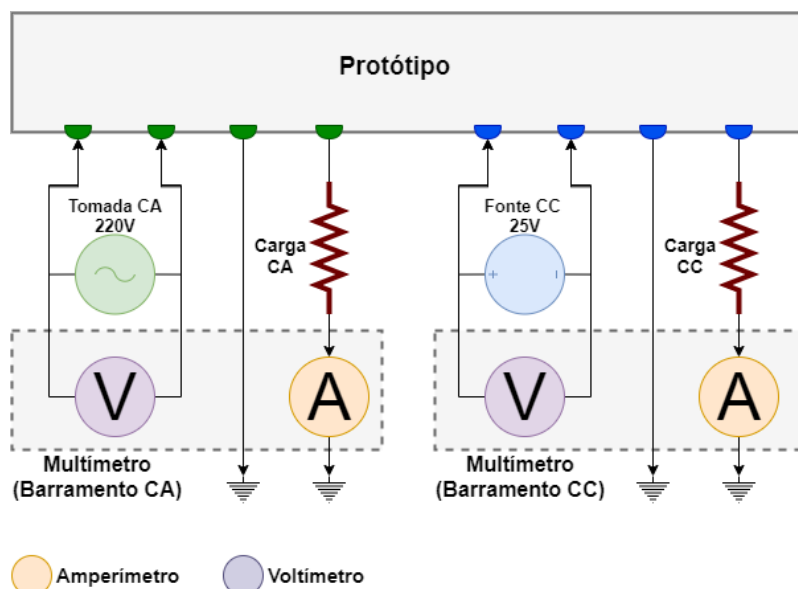
A partir de endereço IP e credenciais de acesso previamente configurados no firmware do protótipo, foi possível através da conexão LAN ethernet e com o uso de um navegador web, acessar o menu de configurações e de gerência do dispositivo (que será apresentado no item 4.2.4). No acesso realizado, foram modificadas informações: IP, SMS, SNMP e de administrador. Posteriormente essas mesmas informações aplicadas, foram utilizadas para configurar o alvo a ser monitorado via SNMP pelo The Dude.

Para a obtenção de resultados a partir de um cenário que simule dados provenientes do funcionamento e operação de ativos de rede, foi necessário realizar o acoplamento de fontes e cargas CA e CC nos conectores indicados conforme mostra a Figura 32, do item 4.1. As escolhas das cargas e fontes foram arbitradas sem especificidades, visto que no ambiente real os tipos, quantidades e as suas potências podem variar.

Também foi empregado em ambos os barramentos um multímetro, que posteriormente foi utilizado como referência nos testes de validação dos sensores.

Na Figura 33, é apresentado o diagrama das conexões externas aplicadas nos testes com o protótipo.

Figura 33 – Diagrama de conexões externas do protótipo.



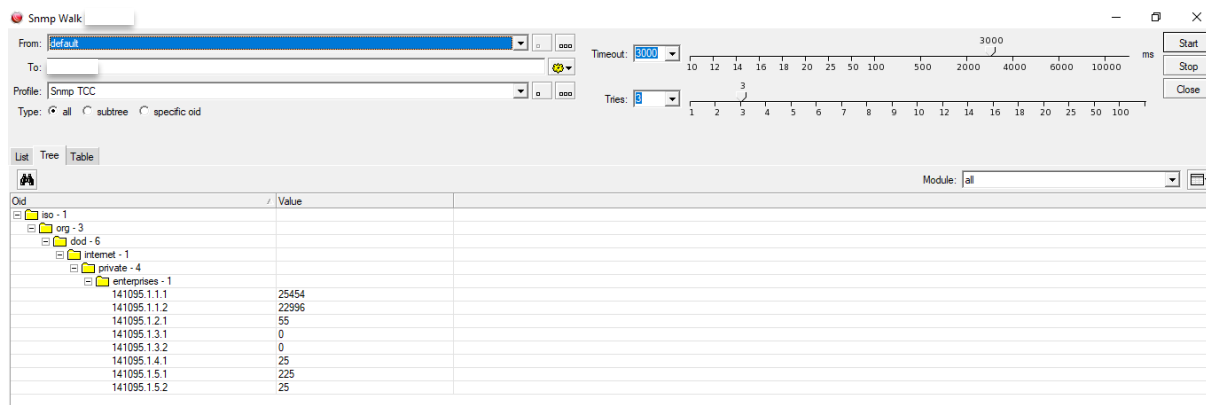
Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Após realizadas as configurações do protótipo e do The Dude, assim como também as conexões externas dos barramentos CA e CC, foram iniciados os testes de validação de coleta dos dados e dos diferentes meios de gerência atribuídos ao protótipo.

4.2.2 Coleta de dados via The Dude

Primeiramente, para validar a troca de pacotes SNMP entre o protótipo e o The Dude, um teste inicial foi executado. No The Dude, através de uma conexão remota de rede, foi possível utilizando o comando “*snmpwalk*”, realizar a varredura da MIB do protótipo. Na Figura 34, é possível verificar os OIDs do protótipo e seus valores retornados pelo comando.

Figura 34 - Varredura da MIB.



Fonte: Do Autor (2020).

Durante o teste inicial, foi necessário ajustar o intervalo de coleta ou de “polling” para 10 segundos, visto que com o tempo de 5 segundos conforme requisitado no item 3.2.1.1, ocorria erros de “timeout” e consequentemente até a falha de comunicação. Já em testes através de rede local, não houve problemas com o “polling” configurado em tempos maiores que 3 segundos.

Após validado a coleta SNMP no The Dude, foram criadas com base nos OID’s correspondentes de cada sensor, as “functions” e “probes”, que são ferramentas que manipulam os dados coletados. Através do uso destas ferramentas, indicadores no formato gráfico de todos os sensores presentes no protótipo foram criados e adicionados a dashboard de monitoramento do sistema.

Conforme descrito no item 3.2.3.1, para atender as propostas de aferimento, as leituras dos sensores embarcados não necessitam ser 100% fidedignas. Desta forma a validação das leituras e coleta de dados dos sensores, foram realizadas a partir dos dados dos indicadores criados no The Dude e, com o uso de um multímetro expressamente aplicado nas validações dos sensores dos barramentos CA e CC. É observado que as validações dos sensores ocorreram em um escopo definido de trinta minutos.

Nas validações de dados dos barramentos, após quinze minutos do início da coleta e de acordo com o barramento e sensor em questão, uma amostra instantânea

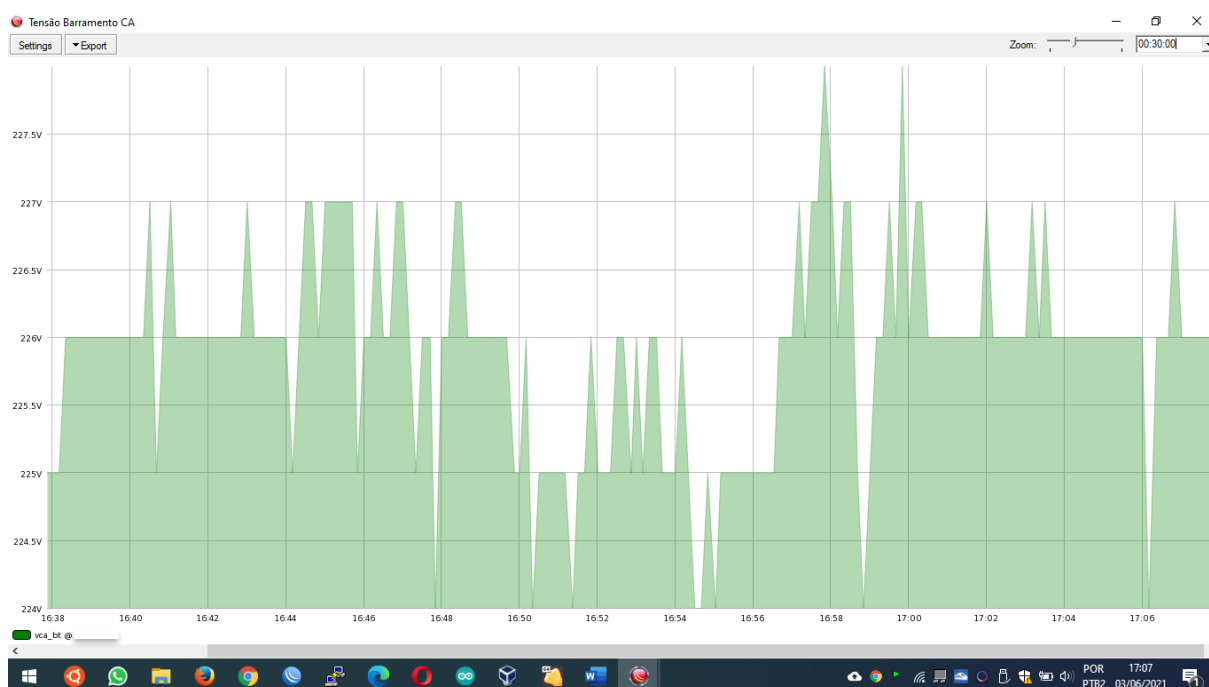
de tensão ou corrente foi aferida pelo multímetro. Estas amostras foram utilizadas como parâmetro de referência no confronto com as informações apresentados pelos indicadores.

4.2.2.1 Dados de tensão do barramento CA

Para a validação dos dados de tensão obtidos do barramento CA, foram acoplados ao protótipo, uma conexão à rede elétrica e em paralelo, um multímetro na função voltímetro. É possível visualizar na Figura 33, o diagrama das conexões do protótipo com a rede elétrica e multímetro.

Com o protótipo conectado a rede elétrica, dados de tensão começaram a ser coletados pelo The Dude. A Figura 35, apresenta o gráfico gerado a partir dos dados que foram coletados do barramento.

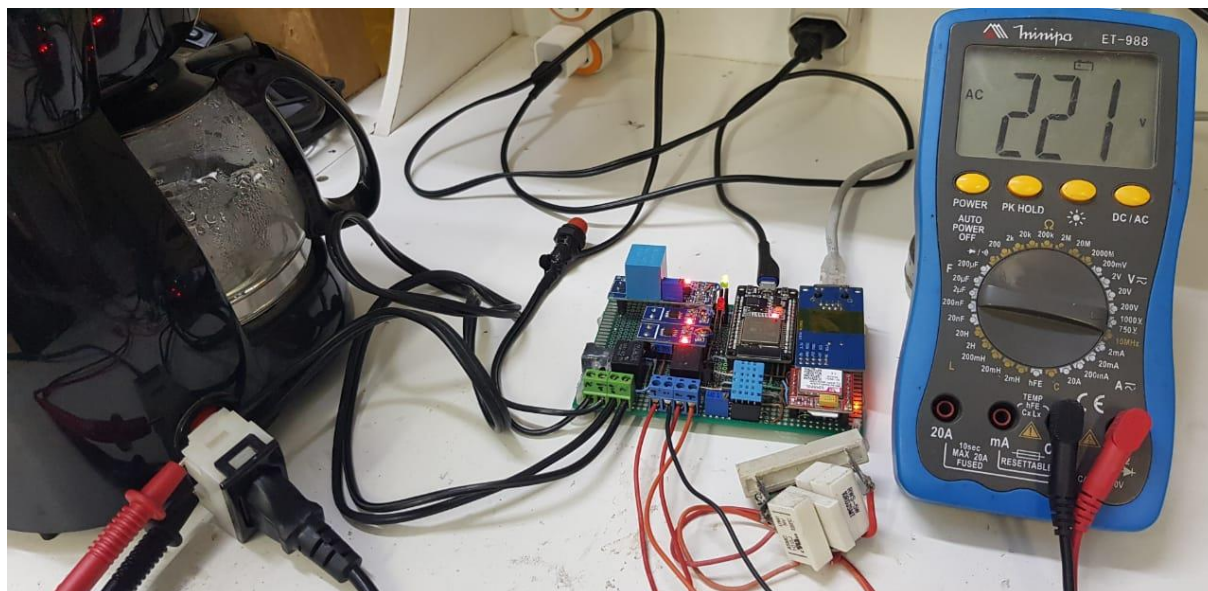
Figura 35 – Coleta SNMP dos dados de tensão alternada via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Passados 15 minutos em que o protótipo foi conectado à rede elétrica, uma amostra instantânea de tensão foi registrada com o multímetro. Conforme mostra a Figura 36, as 16:53h foi registrado a tensão de 221 Volts pelo equipamento.

Figura 36 – Aferimento de tensão CA pelo Multímetro



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Conforme é apresentado nas Figuras 35 e 36 é possível perceber que a amostra de tensão registrada pelo The Dude as 16:53h, foi semelhante a amostra registrada pelo multímetro no mesmo horário.

De acordo com os dados registrados, verificou-se que houve aproximadamente 5 Volts de diferença entre as amostras. Sendo assim, é possível afirmar que o erro verificado é aceitável para a proposta do projeto.

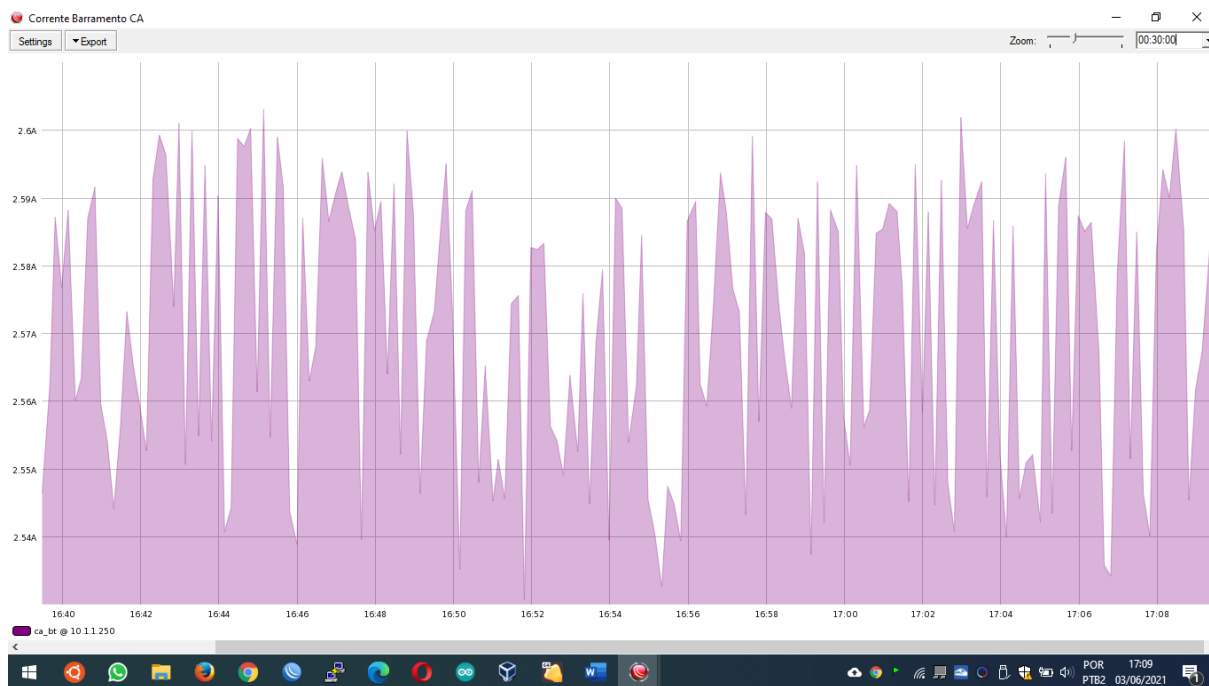
4.2.2.2 Dados de corrente alternada

Conforme exemplificado na Figura 33, para a validação das leituras de corrente do barramento CA, além de manter a conexão à rede elétrica, como descrito no tópico anterior, foi necessário acoplar uma carga ao protótipo e alterar as conexões do multímetro para ficar em série com a carga.

Nesta validação, o multímetro foi ajustado para a função amperímetro e, para drenar corrente através do barramento, foi escolhido como carga uma cafeteira de 500 Watts. Após realizados os ajustes, a carga foi energizada.

O gráfico da Figura 37 apresenta o consumo de corrente registrado pelo monitoramento, a partir do momento em que a carga foi ligada.

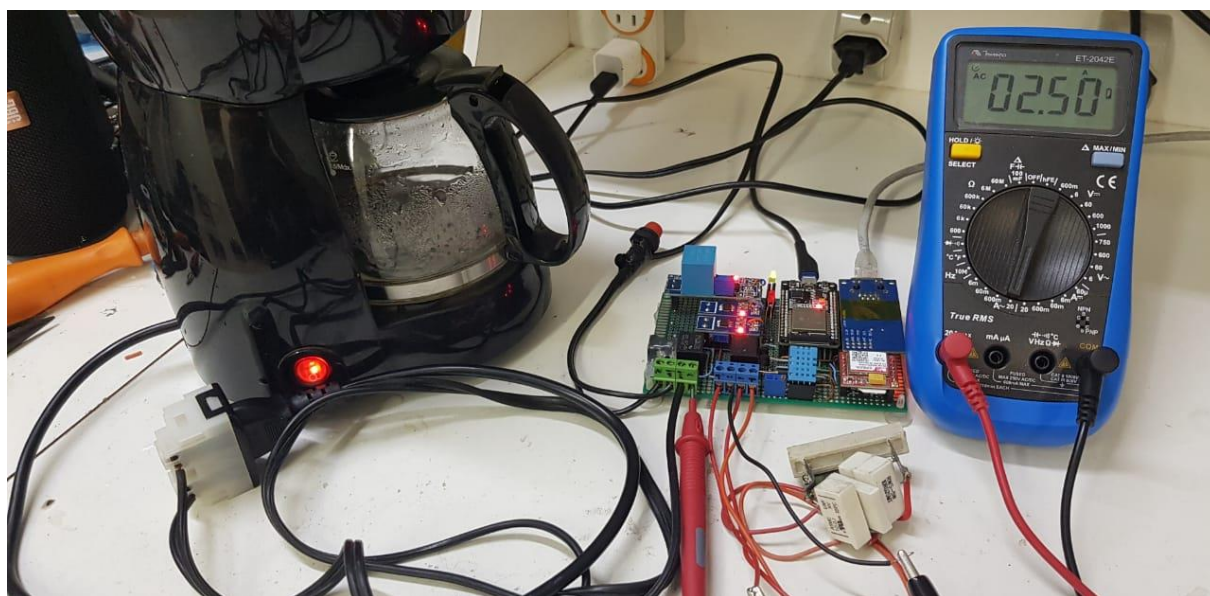
Figura 37 – Coleta SNMP de dados de corrente CA via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Após 15 minutos do início do monitoramento foi coletado com o uso do multímetro, uma amostra instantânea do consumo da carga. A Figura 38 apresenta o valor de corrente consumida pela carga expressa pelo multímetro.

Figura 38 – Aferimento do consumo de corrente pelo Multímetro.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

O gráfico da Figura 37 indica que às 16:55h o consumo de corrente no barramento foi de aproximadamente 2,545 Ampères. Já no multímetro, o valor aferido no mesmo horário foi de 2,50 Ampères.

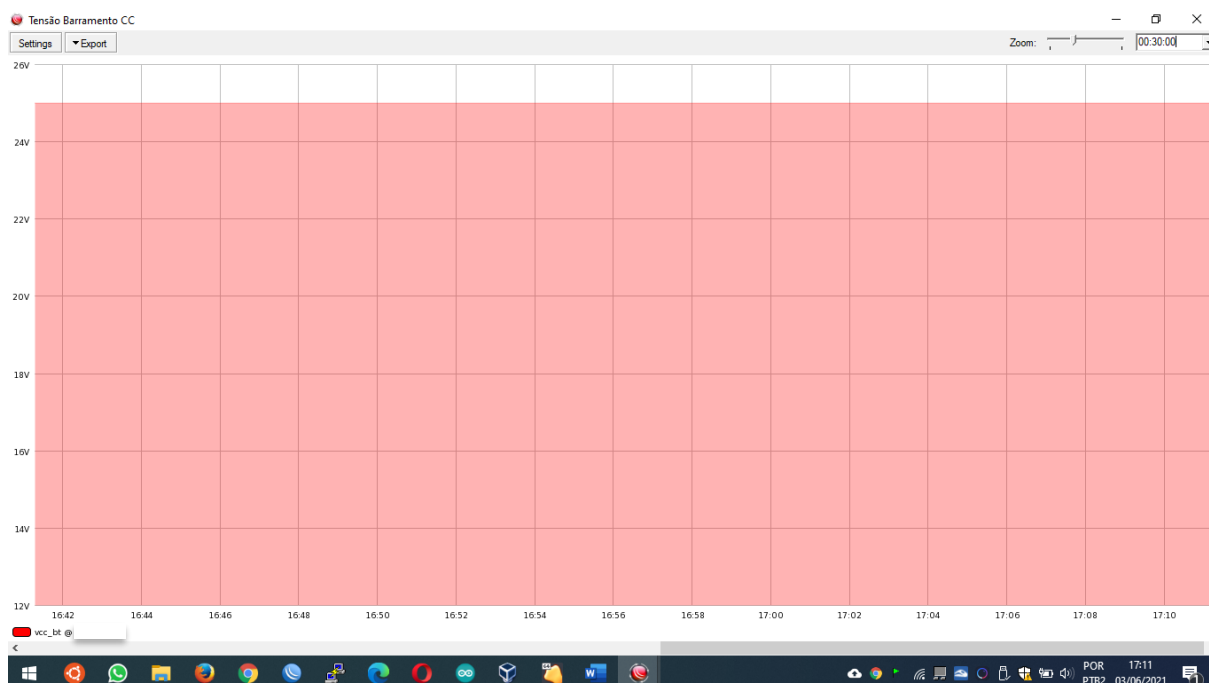
Nota-se que os valores encontrados foram muito próximos, com cerca de 45 miliamperes de equívoco entre eles, sendo considerado como erro irrisório para aplicação proposta.

4.2.2.3 Dados de tensão contínua

A fim de validar o aferimento dos dados de tensão do barramento CC, foi conectado ao protótipo conforme exemplificado na Figura 33, uma fonte de corrente contínua de 160 Watts, com tensão de saída fixada em 25 Volts. Além da fonte, foi acoplado em paralelo a esta conexão, um multímetro configurado na função voltímetro.

O seguinte gráfico expresso na Figura 39, apresenta os dados de tensão coletados pelo monitoramento, a partir do momento em que a fonte foi conectada ao protótipo.

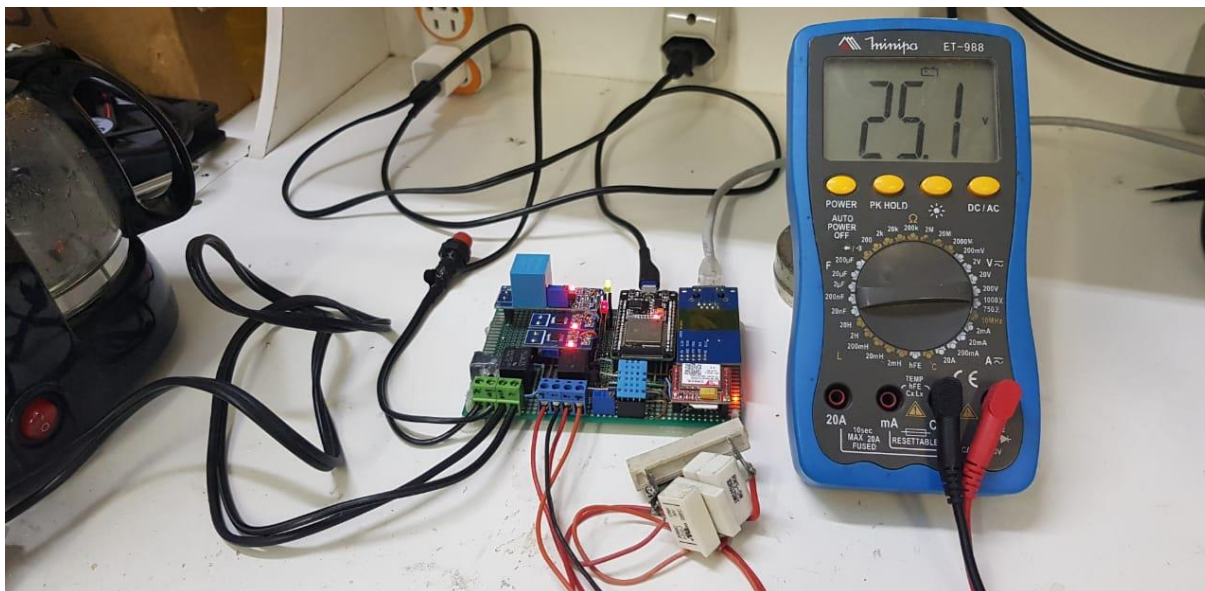
Figura 39 – Coleta SNMP de tensão contínua via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

A Figura 40 exibe o registro do aferimento de tensão realizado pelo multímetro após os 15 minutos do início do monitoramento. Na amostra, foi registrado o valor de 25,1 Volts.

Figura 40 – Aferimento de tensão contínua pelo Multímetro.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

De acordo com o gráfico expresso na Figura 39, os níveis de tensão do barramento CC mantiveram-se regulares ao longo do tempo, portanto não houve oscilações observáveis através do gráfico.

Ao comparar os valores do gráfico com a amostra coletada pelo multímetro, observa-se que, caso tenha ocorrido variações de tensão ao longo do tempo, estas estariam contidas em milésimos de Volts. Desta forma, o erro atribuído as leituras de tensão estiveram de acordo com a proposta do protótipo.

4.2.2.4 Dados de corrente contínua

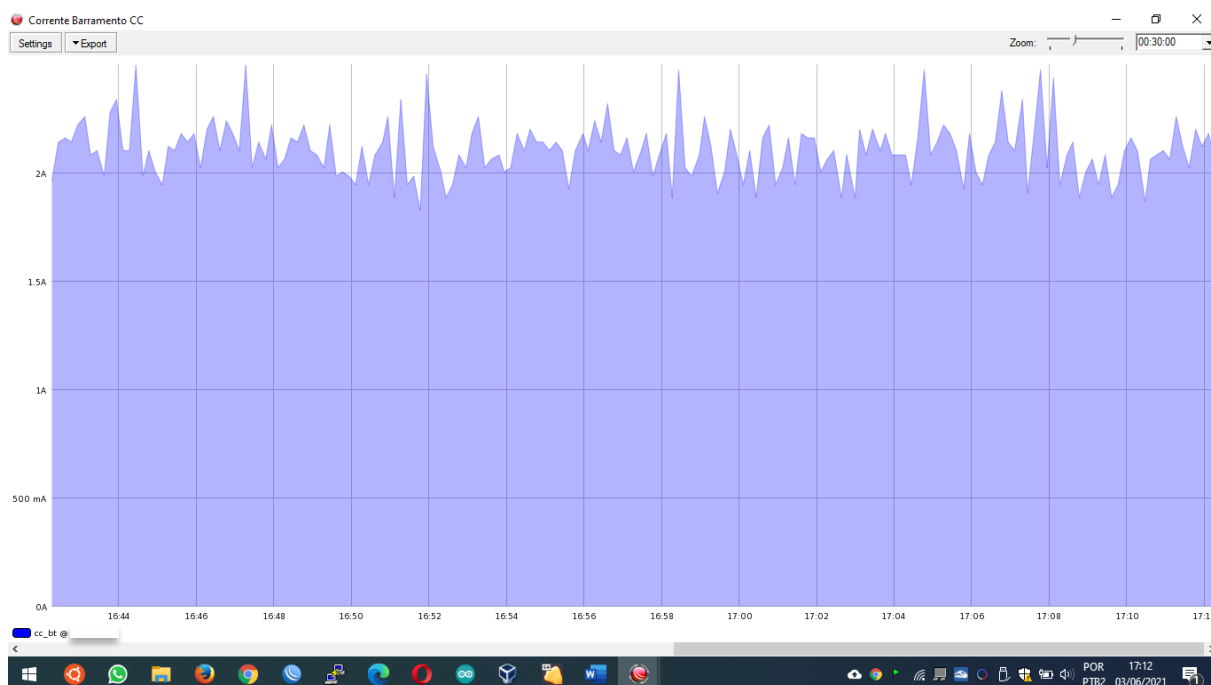
Com o propósito de validar os dados de corrente coletados do barramento CC, foi necessário manter a fonte CC já conectada e ainda adicionar uma carga que simulasse consumo. Além disso, foi preciso ajustar o multímetro para função amperímetro e alterar a sua conexão para que ficasse em série com a carga.

Como carga, foi utilizado uma associação de resistores de potência com resistência equivalente a 12 Ohms. Este valor de resistência foi definido para que a

carga consumisse aproximadamente 2 Amperes quando submetida a uma tensão de 25 Volts.

A seguir é exibido pelo gráfico na Figura 41 os dados de consumo coletados pelo The Dude após 30 minutos da energização da carga.

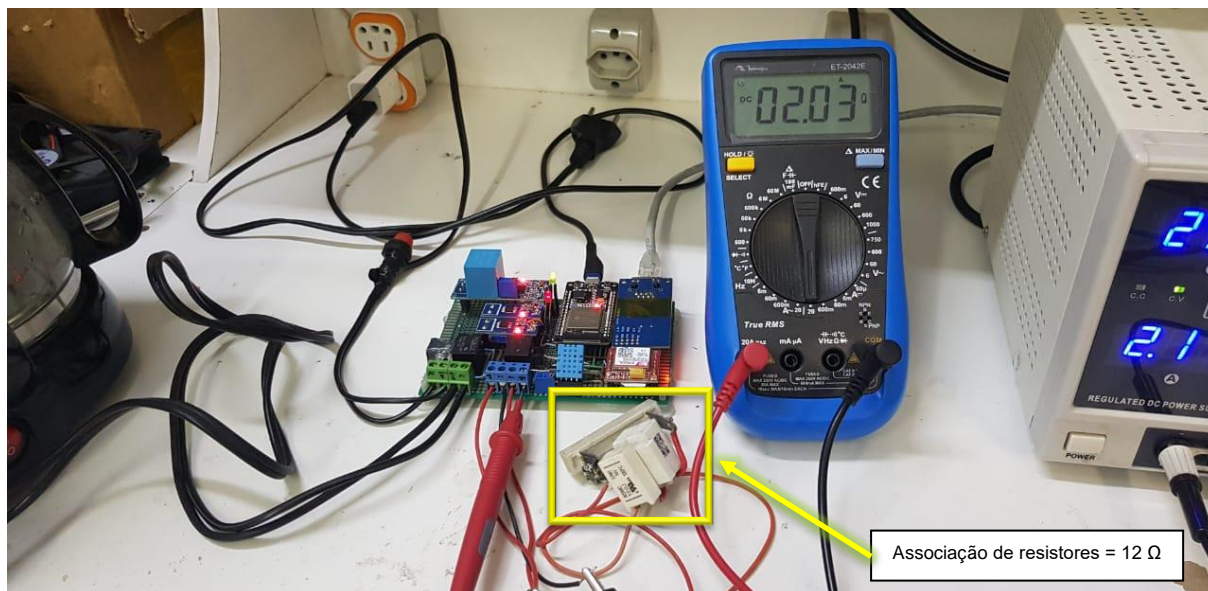
Figura 41 – Coleta SNMP de corrente contínua via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

No decorrer dos 15 minutos subsequentes a energização da carga, uma amostra do consumo de corrente foi coletada pelo multímetro. O aferimento do multímetro neste momento pode ser conferido na Figura 42 a seguir.

Figura 42 – Aferimento de corrente contínua pelo Multímetro.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

De acordo com a amostra apresentada pelo multímetro, após 15 minutos o consumo da carga encontrava-se em 2,03 Ampères. Já no gráfico da Figura 41, é possível observar, que por volta das 16:57h o valor apresentado do consumo era similar ao apresentado pelo multímetro.

A partir destas comparações, foi entendido que o valor coletado e expresso no gráfico é bastante cabível para os níveis de precisão exigidos pelo projeto.

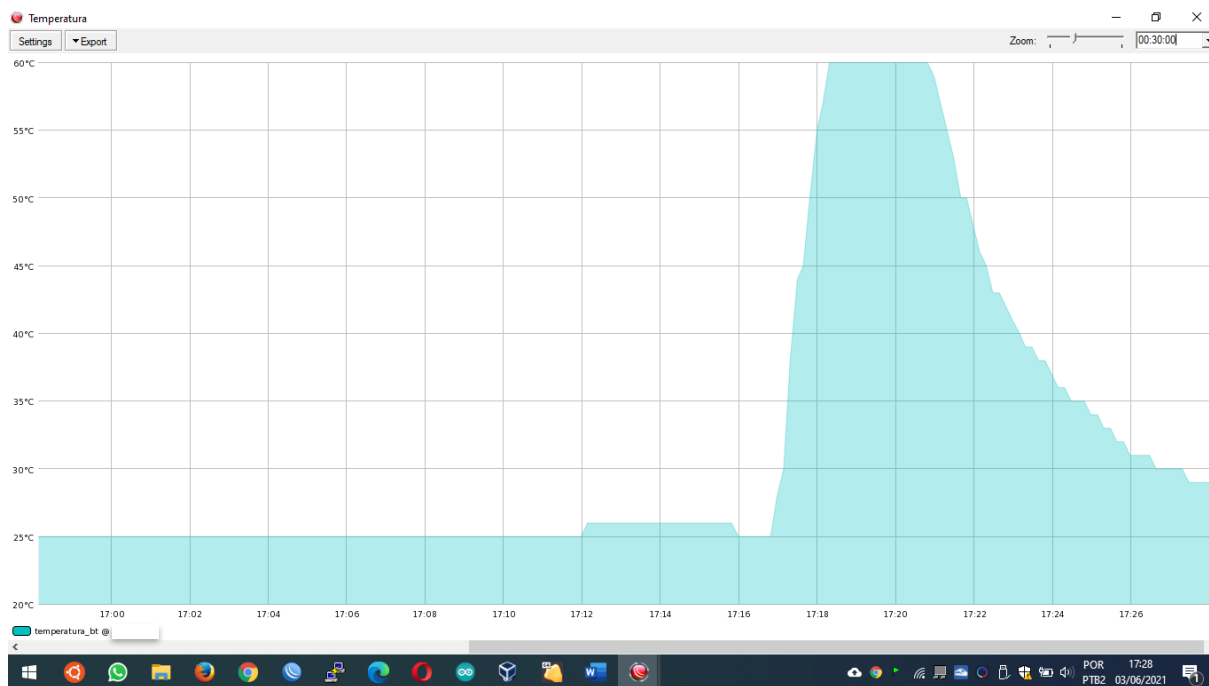
4.2.2.5 Temperatura e Umidade

Para a realização dos testes de temperatura e umidade não foram necessários a utilização de outros dispositivos de aferimento para comparação, visto que o sensor DHT11 já apresenta em sua saída, uma leitura digital sem a necessidade de tratamento da informação apresentada.

Como forma de demonstração do funcionamento das leituras e coleta de dados, foi utilizado um secador de cabelo para incitar a variação de temperatura e umidade do ambiente e consequentemente as leituras obtidas pelo sensor do protótipo.

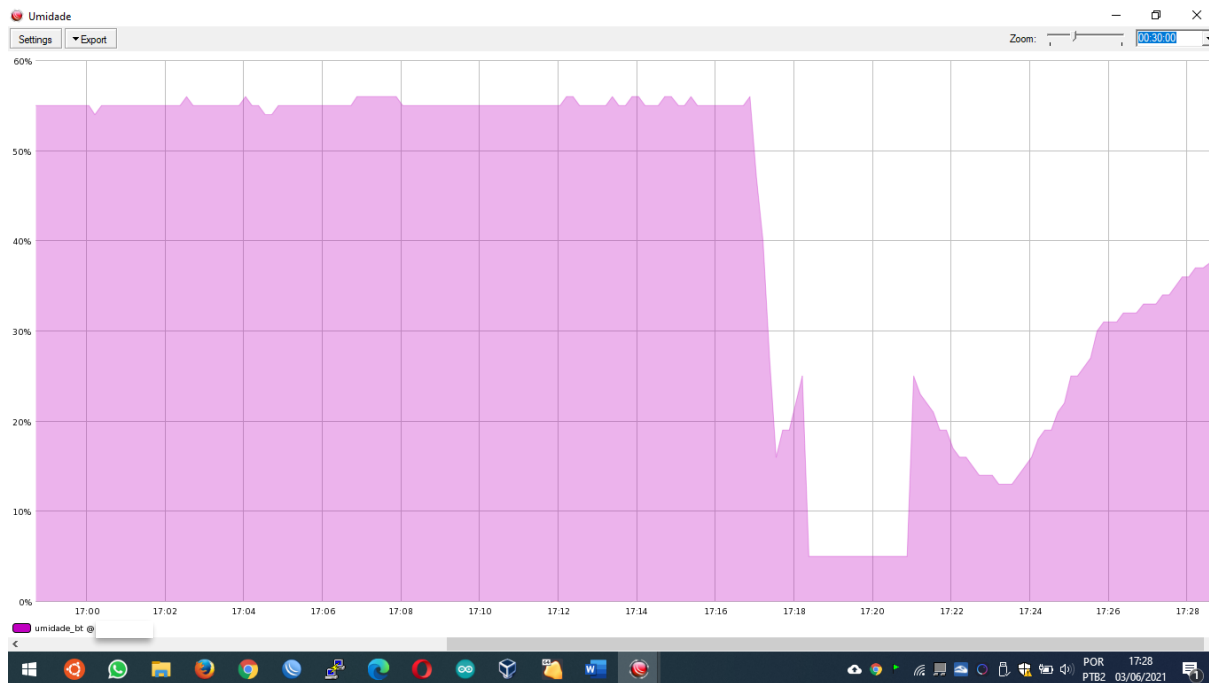
Os gráficos das Figuras 43 e 44, expressam respectivamente, os dados coletados via SNMP da temperatura e umidade.

Figura 43 – Coleta SNMP de temperatura via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Figura 44 – Coleta SNMP de umidade relativa via The Dude.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

É possível verificar nas figuras, que antes das 17:00h até as 17:16h, ambos os gráficos apresentavam dados constantes de temperatura e umidade. Porém entre as 17:16h e 17:18h, os dados dos dois gráficos foram afetados drasticamente. Essa

variação drástica ocorreu, quando propositalmente com o uso do secador de cabelo, tanto a temperatura quanto a ventilação do ambiente, foram forçadas.

Ao forçar fluxo de ar quente próximo ao sensor do protótipo, foi possível verificar em ambos os gráficos, um comportamento de saturação nos aferimentos. Este comportamento é observado no período das 17:18h às 17:21h de ambas as figuras, quando a temperatura atingiu o valor máximo de 60°C e valor mínimo de 5% de umidade.

4.2.3 Mensagens SMS

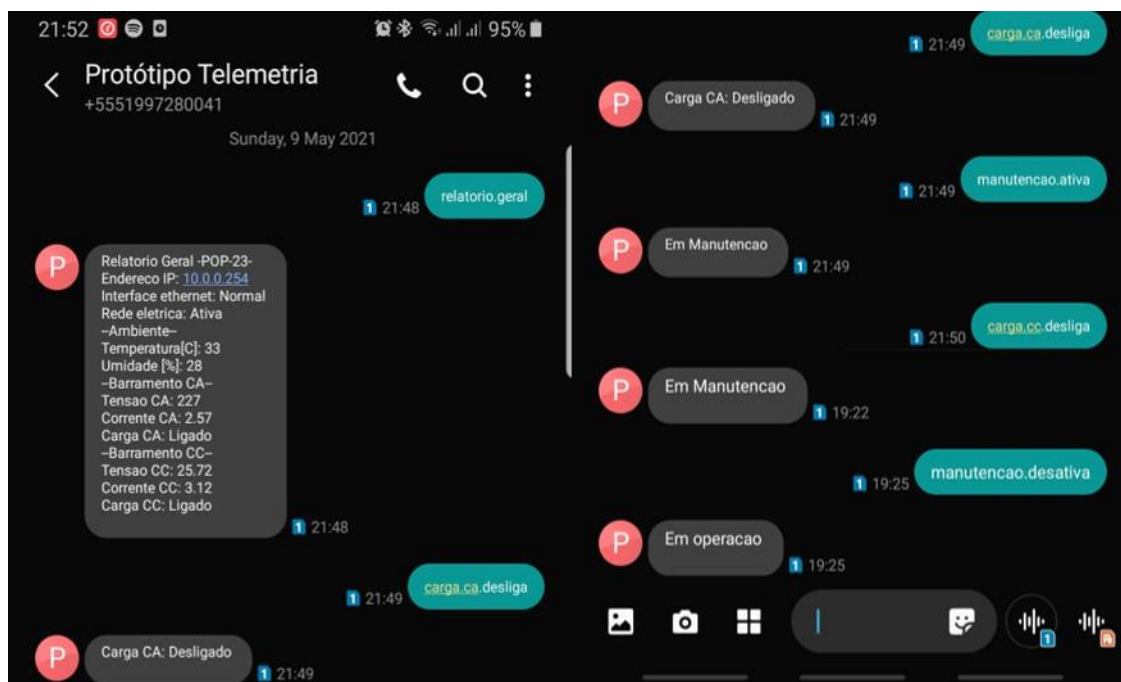
Como requisito e descrito no capítulo anterior no item 3.2.1.2, uma interface de comunicação por mensagens SMS foi implementada. Esta interface de comunicação foi desenvolvida e baseada a partir do uso do módulo GSM SIM800I adicionado ao hardware do protótipo. O módulo adicionado pode ser visualizado na Figura 32, item 13 da figura.

Como previsto no item 3.2.2, foi adicionado na compilação do firmware do protótipo, uma tarefa que interpreta a interface GSM e executa as funcionalidades de mensagens SMS através dela. Dentre estas funcionalidades, estão a consulta dos status obtidos pelos sensores, como também a possibilidade do seccionamento das cargas conectadas ao protótipo.

Para validar o funcionamento da tarefa SMS, foi executado o envio de mensagens através do uso de um telefone celular já cadastrado nas configurações do protótipo. As mensagens SMS foram redigidas conforme a sintaxe prevista no Quadro 7 do item 3.2.1.2.

A Figura 45, apresenta o histórico da troca de mensagens realizadas entre um telefone celular e o protótipo.

Figura 45 – Interação via mensagens SMS com o protótipo.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Conforme é verificado na Figura 45, percebe-se que o tempo de retorno das mensagens de confirmação do recebimento de comandos, oscilam no escopo de 1 minuto após o envio da mensagem.

A partir dos comandos recebidos e confirmados, o protótipo foi capaz de executá-los conforme as tarefas descritas no item 3.2.2. A execução dos comandos correspondeu em conformidade ao tempo de recebimento da confirmação das mensagens enviadas ao administrador.

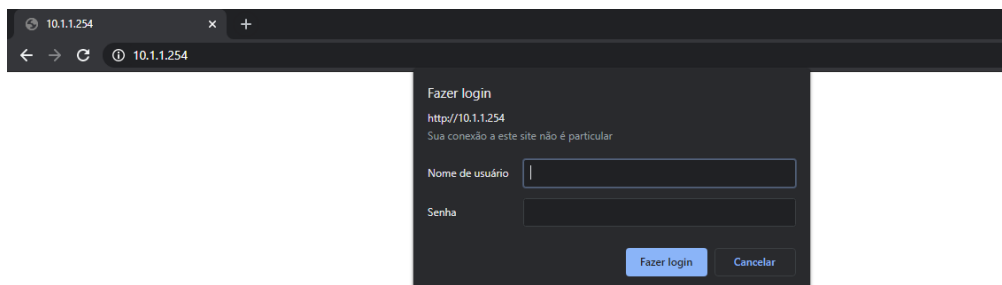
4.2.4 Interface Web

Conforme expresso no item 3.2.2, foi desenvolvido e embarcado juntamente ao firmware do protótipo um servidor web. O servidor desenvolvido oferece ao administrador, uma interface web de configuração e gerência. A interface web foi desenvolvida com base nas telas de autenticação e de gerenciamento sugeridas através das Figuras 22 e 23 do item 3.2.1.3.

Como já mencionado no item 4.2.1, através da conexão LAN ethernet do protótipo e navegador web, foi possível acessar a interface de gerência e configuração

do dispositivo. Ao inserir o endereço IP do protótipo na URL do navegador, uma tela de login é apresentada ao usuário conforme é exibida na Figura 46.

Figura 46 – Interface Web de login obrigatório.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Após a inserção das credenciais redigidas corretamente, a segunda tela de interação desenvolvida é apresentada ao usuário. Esta segunda tela oferece ao administrador um menu de opções e configurações do dispositivo.

A Figura 47 apresenta a interface web de configurações em diferentes plataformas: desktop e mobile. Nota-se que para ambas, o comportamento da interface é responsivo.

Figura 47 – Interfaces Web de interação com protótipo, desktop e mobile.

BitTracker GT141095

Configuração Interface Ethernet	
Host:	GT141095
MAC Address:	02:F0:0D:BE:EF:01
IP Address:	10.1.1.254
Subnet Mask:	255.255.255.0
Gateway:	10.1.1.1
DNS:	8.8.8.8

Configuração SNMP	
Ativar SNMP:	Ativo/Desabilitado
Read Community:	public

Configurar SMS	
Operadora:	Claro
Número:	+5551981529550
Admin1:	

Informações Gerais	
Temperatura[°C]:	32.60
Umidade[%]	26.00
Rede elétrica	Ativa
Tensão CC[V]:	23
Tensão CA[V]:	225
Corrente CC[A]:	2.18
Corrente CA[A]:	2.54

Controle	
Carga CA:	Ligar/Desligar
Carga CC:	Ligar/Desligar

Salvar Configuração	
Salvar Alterações	Configuração Padrão

BitTracker GT141095

Configuração Interface Ethernet	
Host:	GT141095
MAC Address:	02:F0:0D:BE:EF:01
IP Address:	10.0.0.254
Subnet Mask:	255.255.255.0
Gateway:	10.0.0.1
DNS:	8.8.8.8

Informações Gerais	
Temperatura[°C]:	26.20
Umidade[%]	64.00
Rede elétrica	Ativa
Tensão CC[V]:	0.00
Tensão CA[V]:	Moderada
Corrente CC[A]:	Moderada
Corrente CA[A]:	Moderada

Controle	
Carga CA:	Ligar/Desligar
Carga CC:	Ligar/Desligar

Configuração SNMP	
Ativar SNMP:	Ativo/Desabilitado
Read Community:	public

Configurar SMS	
----------------	--

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Como é verificado na Figura 47, é possível perceber que além da possibilidade de alteração de configurações, também é apresentado os status dos sensores. Dentre as configurações é possível alterar: endereços IPs, credenciais do administrador, serviços SNMP/SMS e o reset de configurações.

Outra funcionalidade adicionada a interface web foi a de “Controle”, onde é possível através de botões virtuais, realizar o controle do acoplamento de cargas dos barramentos CA e CC. Ao clicar nos botões, o hardware do dispositivo realiza o acoplamento/desacoplamento das cargas através dos interruptores (relés) instalados nos barramentos.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo eletrônico, que foi elaborado como ferramenta auxiliar de monitoramento e controle de POPs de ISPs, com o propósito de incrementar a habilidade de análise remota do NOC, assim como de intervir com ações na tratativa de incidentes, de forma a contribuir para o funcionamento contínuo das instalações.

A partir da apresentação dos resultados e das discussões no capítulo anterior, pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram plenamente atingidos. Por meio das aplicações intrínsecas com o firmware desenvolvido, o hardware, através de suas interfaces de comunicação: ethernet e GSM, foi capaz de fornecer dados do ambiente e dos barramentos CA e CC, assim como também, realizar o chaveamento de cargas acopladas ao protótipo. Além disso, a maneira que o hardware foi construído mostrou-se um facilitador para realização dos testes, por oferecer principalmente, flexibilidade no manuseio dos principais componentes e módulos do projeto.

Na simulação de monitoramento do ambiente via protocolo SNMP, o software The Dude mostrou-se bastante versátil, devido a sua facilidade em criar alertas e indicadores, baseados nas informações dos OIDs correspondentes aos sensores do protótipo.

Nos testes de validação da coleta de dados dos barramentos CA e CC, foi verificado a existência de pequenas divergências entre os valores coletados com o multímetro e os valores expressos pelos indicadores do The Dude. Porém, mesmo não sendo de grande relevância a exatidão dos valores aferidos pelo protótipo, até por

não se tratar de um sistema em tempo real, os resultados das coletas foram similares, portanto, satisfatórios e de certa forma surpreendentes.

Como base da comunicação da troca de mensagens SMS entre administrador e protótipo, o módulo celular SIM800I aplicado como interface secundária, mostrou-se como uma boa alternativa de interface de contingência de comunicação. Nos testes de troca de mensagens, foi possível realizar ações de corte de energia e a verificação dos mesmos dados disponíveis coletados via SNMP, com tempos de resposta que oscilaram dentro do escopo de um minuto e que, portanto, satisfatórios para a aplicação.

A interface web de gerência do protótipo, foi uma das etapas que mais consumiram tempo de desenvolvimento, visto que por motivos de falta de conhecimento, o processo foi mais oneroso. Apesar dos contratempos, o resultado foi coerente e satisfatório, pois a interface apresentou comportamento bastante responsivo para diferentes plataformas, validando também a proposta no que se refere a poder realizar a configuração do dispositivo, sem a necessidade de outra aplicação ou software.

O desempenho do hardware e eficiência das aplicações embarcadas, também se deve a ótima escolha e emprego da placa ESP32 por conter um microcontrolador de dois núcleos em seu processamento de informações, ser de fácil manuseio e ter uma vasta documentação disponível.

Com base no êxito dos testes e dos resultados obtidos e apresentados no capítulo anterior, mesmo que não tenham sido gerados em ambiente real, por não se tratar do objetivo da proposta, constata-se que o protótipo desenvolvido obteve resultados satisfatórios, que cumprem com requisitos análogos a de um equipamento comercial. Portanto, conclui-se que a sua implementação em POPs de ISPs, tende a contribuir para o funcionamento contínuo da infraestrutura, de modo que os testes podem ser estendidos para atender uma situação real de monitoramento e controle a distância, com fornecimento de dados não contínuos.

Tendo em vista que o dispositivo desenvolvido é um protótipo e pode ser aprimorado com melhorias construtivas e com a adição de funcionalidades, como sugestões para trabalhos futuros, algumas melhorias que podem ser implementadas são:

- Substituir os sensores do protótipo por sensores com precisão mais apurada;
- Adicionar na rotina de firmware responsável pela interface web, testes condicionais da inserção de dados provenientes do usuário.
- Utilizar o *chip* ESP32 ao invés da placa de prototipagem *NodeMCU*, deixando o equipamento mais compacto, dedicando uma placa eletrônica específica para tal finalidade;
- Implementar em hardware o recurso de “controle PWM”, para que com base na temperatura aferida, a velocidade de exaustores conectados ao dispositivo possa ser ajustada e controlada pelas aplicações embarcadas.
- Implementar em hardware o recurso de “Sensor de intrusão”, onde um sensor magnético com fio pode ser conectado no dispositivo e instalado na porta da caixa ou rack do POP, para que o NOC através das aplicações embarcadas, obtenha alertas e registros de manutenções ou de intrusão não premeditada.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. R.; PIRES, H. D. **Gerência de redes**. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro: 2004. Disponível em: <<https://www.monografias.com/pt/docs/Gerencia-de-redes-F393HUD7D9JF>>. Acesso em: 16 de out. de 2020.
- ALCÂNTARA, O.; FRESSE, V.; ROUSSEAU, F. **Evaluation of SNMP-like Protocol to manage a NoC Emulation platform**. Proceedings of the 2014 International Conference on Field-Programmable Technology, France, 2014.
- ANATEL. Relatórios de Acompanhamento 2020. ANATEL, 2020. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/dados/relatorios-de-acompanhamento/2020>>. Acesso em: 17 set. 2020.
- ARAUJO, R. B. de. **Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES. Brasília: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), v. 8, p. 45 – 115, 2003.
- ARDUINO. Arduino UNI Rev3. **Arduino Store**, 2020. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- _____. The Homepage of Arduino UNO. **Arduino.cc**, 2020. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- ATEMEL. Disponível em: <<http://www.atmel.com/>>. Acesso em: 06 jul. 2020.
- BAGUETE. Provedores regionais no mercado de banda larga. Baguete Diário, 2019. Disponível em: <<https://www.baguete.com.br/noticias/24/10/2019/provedores-regionais-no-mercado-de-banda-larga>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- CANAL TECH. 100 bilhões de dispositivos estarão conectados em 2020, segundo consultoria. **Canal Tech** [s.d]. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/notebook/linha-z-da-hp-traz-tecnologia-de-ponta-para-uso-profissional-173178/>>. Acesso em: 15 out. 2020.
- CANDEA, G.; DELGADO, M.; CHEN, M.; FOX, A. **Automatic failure-path inference: A generic introspection technique for internet applications**. Proc. 3rd IEEE Workshop on Internet Applications (WIAPP), p.132-141. San Jose, CA: 2003.
- CARVALHO, T. C. M. de B. **Gerenciamento de Redes: Uma abordagem de sistemas abertos**. São Paulo: ABNT, 1993.
- CLEMENT, J. Data volume of global consumer IP traffic from 2017 to 2022. Statista, 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/267202/global-data-volume-of-consumer-ip-traffic/>>. Acesso em: 15 set. 2020.

COMER, D. E. **Redes de Computadores e a Internet**. 4 ed. Bookman, 2007.

CURTO Circuito. Módulo Ethernet - W5500. **Curto Circuito**, 2020. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/catalog/product/view/id/1012/s/modulo-ethernet-w5500/>>. Acesso em 09 set. 2020.

DIAS, B. Z.; ALVES, N. Jr. **Protocolo de Gerenciamento SNMP**. 2002. Disponível em: <http://mesonpi.cat.cbpf.br/naj/snmp_color.pdf>. Acesso em: 16 de out. de 2020.

ESPRESSIF. Key Features. **Espressif**, 2020. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/products/devkits/esp32-devkitc>>. Acesso em: 18 out. 2020.

FACHINI, T. **Implementação da ferramenta zabbix para monitoramento reativo**. Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) – Tec. Rede de Computação. Canoas – RS, 2010. Disponível em: <<https://silos.tips/download/implementacao-da-ferramenta-zabbix-para-monitoramento-reativo#>>. Acesso em: 10 out. 2020.

FERREIRA, W. Os provedores mantêm o ritmo de expansão. **Tele-Síntese**, 2018. Disponível em: <<https://www.telesintese.com.br/os-provedores-mantem-o-ritmo-de-expansao/>>. Acesso em: 12 out. 2020.

FONSECA, E.; VEGA, A. de la. **Tutorial sobre introdução a projetos utilizando o kit de desenvolvimento arduino**. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. [S.l.: s.n.], 2011.

FOROUZAN, B. A.; FEGAN, S. C. **Protocolo TCP/IP**. 3. ed. São Paulo, Brasil: McGraw-Hill Companies, 2008.

GARTNER. IoT Global Forecast and Analysis, 2015-2025. **Gartner**, 2017. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/documents/3659018/iot-global-forecast-and-analysis-2015-2025>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

GORDON, W. What to Do if Your Laptop Is Plugged In But Not Charging. **PC Magazine**, 2020. Disponível em: <<https://www.pcmag.com/how-to/what-to-do-if-your-laptop-is-plugged-in-but-not-charging>>. Acesso em 12 set. 2020.

GUPTA, D. **Low cost data logger and monitoring system for a small solar PV energy system**, 2018.

INTERNET ENGINEERING TASK FORCE. RFCs: Memos in the RFC document series contain technical and organizational notes about the Internet. **IETF**, [s.d]. Disponível em: <<https://www.ietf.org/standards/rfcs>>. Acesso em: 12 out. 2020.

KAKANAKOV, N. R.; KOSTADINOVA, E. D.; SPASOV, G. V. **Using SNMP for Remote Measurement and Automation**. Bulgária, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228405146_Using_SNMP_for_Remote_Measurement_and_Automation>. Acesso em: 20 set. 2020.

KAMAL, R. **Microcontrollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design**. Prentice Hall, 2009.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a Internet**. Uma abordagem Top-Down. 5. ed. São Paulo, Brasil: Pearson Addison Wesley, 2005.

LESSA, D. **O Protocolo de Gerenciamento RMON**. RNP – Boletim bimestral sobre tecnologia de redes, 1999. Disponível em: <http://memoria.rnp.br/newsgen/9901/rmon.html#inicio>. Acesso em: 12 out. 2020.

LISBOA, V. Inflação do acesso à internet superou índice geral em agosto. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-09/inflacao-do-acesso-internet-superou-indice-geral-em-agosto>. Acesso em: 26 ago. 2020.

MAURO, D. R.; SCHIMIDT, K. J. **SNMP Essencial**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MCC-ENET. Índice de Vendas Online - Brasil. MCC-ENET, 2020. Disponível em: <https://www.mccenet.com.br/indice-de-vendas-online>. Acesso em: 08 ago. 2020.

MEDEIROS, S. T. de. **Sistema de detecção automatizada de incidentes de redes decorrentes das mudanças nas configurações dos switches**. Dissertação — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

MHEMANN. Como o primeiro trimestre de 2020 fechou para o mercado de internet fixa no Brasil? **Marketing Mhemmann**, 2020. Disponível em: <https://www.mhemann.com.br/2020/05/como-o-primeiro-trimestre-de-2020-fechou-para-o-mercado-de-internet-fixa-no-brasil-saiba-mais>. Acesso em: 13 out. 2020.

MILETTO, E. M.; BERTAGNOLLI, S. D. C. **Desenvolvimento de Software II: Introdução ao Desenvolvimento Web com HTML, CSS, JavaScript e PHP**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

MORAES, J. Conhecendo o ESP32. **Vida de Silício**, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/conhecendo-o-esp32/>. Acesso em: 18. out. 2020.

MOTA, A. O que é Arduino e como funciona? **Vida de Silício**, 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>. Acesso em: 18. out. 2020.

NEXT Now. IoT: uma nova relação com o consumidor e os serviços. **Meio & Mensagem**, 2016. Disponível em: <http://nextnow.meioemensagem.com.br/iot-uma-nova-relacao-com-o-consumidor-e-os-servicos/>. Acesso em: 02 set. 2020.

O'CONNOR, P. D. T. **Practical Reliability Engineering**. 4ª ed. Suffolk, 2002.

ODA, C. S. **Gerenciamento de redes de computadores**. 1998. Disponível em: <http://www.gt-er.cg.org.br/operacoes/gerencia-redes>. Acesso em: 16 de out. de 2020.

ODATA. Seaborn Networks: novos Pontos de Presença de Internet no Brasil com Data Centers ODATA. **ODATA**, 2020. Disponível: <https://odatacolocation.com/blog/seaborn-networks-internet-pop-data-center-odata/>. Acesso em: 15 set. 2020.

OLIVEIRA, J. Arduino, ESP32 e ESP8266 – Comparação. **X Projetos**, 2019. Disponível em: <https://xprojetos.net/arduino-esp32-e-esp8266-comparacao/>. Acesso em: 18 out. 2020.

OLIVEIRA, S. A.; ANDRADE, S. F. **Sistemas embarcados**: hardware e firmware na prática. Brasil: Érica, 2006.

PAVENTHAN, A. et al. **WSN monitoring for agriculture**: Comparing SNMP and emerging CoAP approaches, p. 353–358. [S.l.]: 2013 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6757167>>. Acesso em: 12 out. 2020.

PÉRICAS, F. A. **Redes de Computadores**: Conceitos e a Arquitetura Internet. 2.ed. Blumenau: Edição do Autor, 2010.

RAHI Systems. POP: Point of Presence Micro Data Centers. **Rahi Systems**. Disponível em: <<https://www.rahisystems.com/blog/pop-point-of-presence-micro-data-centers/>>. Acesso em 11 out. 2020.

REIS, Rodrigo. Modelo TCP/IP – Definição, camadas e funcionamento. **InfoTec News**, 2017. Disponível em: <<http://infotecnews.com.br/modelo-tcpip/>> Acesso em: 17 out. 2020.

ROSE, M. **The Simple Book**: An Introduction to Management of TCP/IP-based Internets. Boston, EUA: Addison-Wesley, 1992.

ROY, V. B. R.; DESSAI, S.; YADAV, S. G. S. P.; RAMAIAH, M. S. **Design and Development of ARM Processor Based Web Server**. International Journal of Recent Trends in Engineering. Coventry University (UK), v. 1, n. 4, 2009.

SAHANI, et al. **Web-based online embedded door access control and home security system based on face recognition**. In: International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies, 2015, p. 1–6.

SALFNER, F.; SCHIESCKE, M.; MALEK, M. **Predicting Failures of Computer Systems**: A Case Study for a Telecommunication System. Proc. 20th International Conference on Parallel and Distributed Processing, p.348-348. Berlin - Germany, 2006.

SCHNEIDERS, L.A. **O Método Da Sala De Aula Invertida (Flipped Classroom)**. Editora Univates. Lajeado, 2018.

SOUZA, A. V. de; LIMA, A. M. de. **Implantação e gestão de rede wireless com hardware e software mikrotik**. Revista Científica da UNESC, v. 14, n. 1, p. 70–81, 2016.

SOUZA, F. Arduino Uno. **Embarcados**, 2020. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arduinouno/>>. Acesso em: 18. out. 2020.

STEVENS, W. Richard. TCP/IP Illustrated Vol.1 – Protocols. Addison-Wesley, 1993.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TELECO. SNMP: Características. **Teleco**, 2017. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsnmp/pagina_2.asp>. Acesso em 25 set. 2020.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. **Sensores Industriais – Fundamentos e aplicações**. 8ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2018.

TORRES, G. **Redes de Computadores Curso Completo**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001.

TURNKEY Export Compliance. What is a Point of Presence? **TECEX**, 2020?. Disponível em: <<https://tecex.com/point-of-presence/>>. Acesso em: 11 out. 2020.

USP. Não dá para pensar em um mundo sem internet. **Jornal da USP**, 2018. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/nao-da-para-pensar-em-um-mundo-sem-internet/>>. Acesso em: 19 out. 2020.

VIDA de Silício. Shields Arduino. **Vida de Silício**, 2020. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/arduino/shield-arduino>>. Acesso em 20 out. 2020.

WOLF, W. **What is embedded computing?** Computer, v. 35, n. 1, p. 136–137, 2002.

ZARPELÃO, B. B. SNMP: Simple Network Management Protocol. **DevMedia**, 2012. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/snmp-simple-network-management-protocol-revista-infra-magazine-7/25683>>. Acesso em: 15 out. 2020.